

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:
Prof.dr.sc. Predrag Ćosić

Martina Crnko

Zagreb, 2014.

ZADATAK

Tu ide moj zadatak

IZJAVA:

Ovim izjavljujem da sam diplomski rad radila samostalno, koristeći znanja stečena tokom školovanja te korištenjem navedene literature.

.

Martina Crnko

ZAHVALE

Zahvaljujem svom mentoru, prof.dr.sc. Predragu Ćosiću, na pruženoj pomoći, korisnim savjetima i informacijama potrebnim za izradu ovog rada. Isto tako zahvaljujem se Predsjedniku Uprave Dalekovoda, Mr.oec. Željku Lekšiću, mag.ing.stroj., Direktor Dalekovod - Cinčaonice d.o.o., Ivici Klasanu, dipl. inž., i ponajviše Voditelju odjela za kontrolu kvalitete, Milanu Boromisi, dipl.inž.stroj. na ustupljenim materijalima i korisnim informacijama za izradu ovog rada

Sažetak

Završni rad je koncipiran tako da daje kratki opis pogona "Dalekovoda" za cinčanje u Dugom Selu. Također je dan uvid u načine površinske zaštite materijala uz detaljniji opis procesa vrućeg cinčanja. Rad ukratko prikazuje koncept održivog razvoja u okvirima proizvodnje, uz osvrt na metode i koncepte za ostvarivanja navedene ideje. Nadalje, predstavljena je LCA (*Life Cycle Assessment*) analiza kao važan analitički "alat" pogodan za provođenje koncepta održivog razvoja i općenito metoda za postizanje proizvodnje sa što manjim utjecajem na okoliš i ljude.

U skladu sa zadatkom rada, kroz razradu predmeta koji se podvrgava procesu vrućeg cinčanja, pokazan je način korištenja LCA metode i primjene računalne aplikacije za procjenu emisije štetnih tvari i utjecaja na tri bitna područja: zdravlje čovjeka, ekosustav i resurse.

SADRŽAJ

IZJAVA:.....	III
ZAHVALE	IV
Sažetak.....	V
SADRŽAJ.....	VI
Popis slika.....	VIII
Popis tablica	IX
Popis oznaka i mjernih jedinica	X
Popis stranih pojmova.....	XI
1. Uvod	1
2. O Dalekovodu	5
2.1. Povijest Dalekovod Grupe [4].....	5
2.2. Organizacija	6
2.3. Dalekovod grupa [4].....	6
2.4 Proizvodi i usluge [4]	7
2.5 Cinčaonica	8
2.5.1. Pogon za diskontinuirano cinčanje [7]	8
2.5.2. Pogon za automatsko cinčanje sustavom centrifuge [7]	9
3. Tehnologije zaštite materijala	10
3.1. Korozijska	10
3.2. Metode zaštite od korozijske.....	11
3.3. Zaštita metala prevlakama.....	11
3.3.1. Postupci prevlačenja metalima.....	12
4. O održivom razvoju.....	20
4.1. Razvoj ideje održivog razvoja.....	20
4.2. Definicije održivog razvoja	20
4.3. Koncept održivog razvoja.....	21
4.4. Principi održivog razvoja [18].....	22
5. Održiva proizvodnja	23
5.1. Definiranje i uspostavljanje Green proizvodnih procesa.....	23
5.2. Ekološki dizajn ("Eco-design").....	25
5.3. Čistija proizvodnja	27
5.4. Eko - učinkovitost.....	27
6. Life Cycle Assessment (LCA)	29
6.1. Što je LCA? [26] [27].....	29
6.2. Kratka povijest LCA [25].....	31
6.3. Faze proučavanja LCA	32

6.3.1. Definiranje svrhe i opsega LCA analize ("Goal and Scope Definition")	32
6.3.2. Faza popisivanja i analize podataka ("Life cycle inventory analysis – LCI")	35
6.3.3. Određivanje utjecaja na okoliš ("Life cycle impact assessment – LCIA")	38
6.3.4. Interpretacija ("Life cycle interpretation")	41
6.4. Primjena LCA metode [26]	43
6.5. Ograničenja LCA metode	43
7. LCA računalne aplikacije	44
7.1. ECO-it (Eco-Indicator)	44
7.2. SimaPro	46
7.3. Ostali LCA softveri	52
8. LCA odabranog primjera	53
8.1. Priprema i planiranje LCA analize	54
8.2. Određivanje utjecaja na okoliš	61
8.2.1. Karakterizacija	63
8.2.2. Mjerenje jačine utjecaja	65
8.2.3. Normiranje	66
8.2.4. Klasifikacija	67
8.2.5. Ukupni utjecaji na okoliš ("Single score")	69
9. Zaključak	73
10. Literatura	74

Popis slika

Slika 1.1. Eksponencijalni rast ljudske populacije na Zemlji [1]	1
Slika 2.1. Organizacijska shema Dalekovoda [4]	6
Slika 2.2. Organizacijska shema Dalekovod-cinčaonice [6]	8
Slika 3.1. Prikaz energetske promjene pri dobivanju i koroziji metala [8].....	10
Slika 3.2. Produkti korozije na katodnim i anodnim prevlakama [10]	12
Slika 3.4. Shema procesa vrućeg cinčanja [6]	14
Slika 3.5. Slojevi cinkove prevlake [13]	17
Slika 3.6. Mikrografska fotografija presjeka cinkove prevlake izvedene postupkom vrućeg pocinčavanja [14]	17
Slika 3.7. Debljina prevlake cinka u zavisnosti o postotku silicija [15].....	18
Slika 3.8. Pocinčavanje u velikoj kadi u Dalekovod cinčaonici	19
Slika 5.1. Održiva proizvodnja [20]	23
Slika 5.2. Shematski prikaz pravaca djelovanja u svrhu smanjenja štetnog utjecaja proizvodnje [3]	24
Slika 5.3. 6R koncept [22].....	26
Slika 5.4. Prikaz ravoja održive proizvodnje s vremenom [22].....	26
Slika 5.5. Preduvjeti za uvođenje čiste proizvodnje [24]	27
Slika 6.1. Ciklus trajnosti proizvoda [26]	29
Slika 6.2. Kontrolna matrica ciklusa trajnosti proizvoda [26]	30
Slika 6.3. Faze LCA [28]	31
Slika 6.4. Dijagram toka sustava s njegovim granicama [29]	35
Slika 6.5. Shematski prikaz pojedinačnog procesa sa svojim ulazima i izlazima [27]	37
Slika 6.6. Upotrebljavane LCIA kategorije utjecaja [27]	39
Slika 6.7. Odnos tumačenja koraka s drugim fazama LCA [27]	42
Slika 7.1. Pojednostavljeni prikaz određivanja eko pokazatelja [31].....	44
Slika 7.2. Stablo životnog ciklusa kućanskog aparata za kavu [31]	45
Slika 7.3. Prikaz rezultata analize u ECO-it računalnoj aplikaciji [32].....	45
Slika 7.4. Primjer pretraživanja baze podataka u ECO-it [32].....	46
Slika 7.5. Usporedba glavnih značajki 3 stručne verzije [33].....	48
Slika 7.7. Organizacija SimaPro korisničkog sučelja u skladu s ISO 14040 [34]	50
Slika 7.8. Granice sustava i utjecajne kategorije [34]	50
Slika 7.9. Neki od procesa dostupnih u Ecolnvent bazi podataka [34]	51
Slika 7.10. Shematski pregled životnog vijeka fax mašine [35].....	51
Slika 7.11. Grafički prikaz svojstva zaslona za modelirani aparat za kavu [35]	52
Slika 8.1. Opći oblik životnog vijeka proizvoda [26]	54
Slika 8.2. Prikaz cijelog životnog ciklusa cinčanog rasvjetnog stupa [37],[38]	55

Slika 8.3 Postupak rezanja lima	56
Slika 8.4. Postupak savijanja lima	56
Slika 8.5. Postupak zavarivanja plašteva.....	57
Slika 8.6. Pojednostavljena shema vrućeg cinčanja [39]	58
Slika 8.7. Podaci o rasvjetnom stupu Dalekovoda KORS 2B -1200 -3 [40]	59
Slika 8.8. Odabrane baze podataka iz softvera "SimaPro"	60
Slika 8.9. Odabir procesa koji analiziramo, Zinc coating, pieces RER/U	61
Slika 8.10. Odabrana metoda - Eco-Indicator 99 (H).....	62
Slika 8.11. Prikaz odabrane baze, metode, procesa i podataka koji će se proračunavati.....	63
Slika 8.12. "Stablo procesa" razmatranog procesa vrućeg cinčanja	63
Slika 8.13. Tablični prikaz obuhvaćenih indikatora na utjecajne kategorije.....	64
Slika 8.14. Grafički prikaz rezultata karakterizacije po indikatorima kategorija utjecaja.....	65
Slika 8.15. Rezultati faze mjerenja jačine utjecaja za promatrani proces u 3 kategorije utjecaja.....	65
Slika 8.16. Rezultati faze normiranja za promatrani proces u 3 kategorije utjecaja.....	66
Slika 8.17. Rezultati faze normiranja za promatrani proces po indikatorima.....	67
Slika 8.18. Tablični prikaz obuhvaćenih indikatora na utjecajne kategorije izražen u bodovima	68
Slika 8.19. Rezultati faze klasifikacije za promatrani proces u 3 kategorije utjecaja.....	68
Slika 8.20. Rezultati faze klasifikacije za promatrani proces po indikatorima.....	69
Slika 8.21. Dijagramski pristup ukupnih utjecaja na okoliš promatranog procesa	69
Slika 8.22. Tablični prikaz utjecajnih elemenata tijekom odvijanja procesa vrućeg pocinčavanja.....	70
Slika 8.23. Grafički prikaz utjecajnih elemenata tijekom odvijanja procesa vrućeg pocinčavanja.....	71

Popis tablica

Tablica 2.1. Karakteristike pogona za diskontinuirano cinčanje [7]	8
Tablica 2.2. Karakteristike pogona za automatsko cinčanje sustavom centrifuge [7]	9

Popis oznaka i mjernih jedinica

OZNAKA	MJERNA JEDINICA	OZNAČAVA
E	t	količina emisije u tonama u kalendarskoj godini
EE	bezdimenzionalna veličina	eko - efikasnost
kk	bezdimenzionalna veličina	korektivni (poticajni) koeficijent pri izračunu visine naknade
LCC	kn	trošak tijekom životnog vijeka proizvoda
m _i	kg	masa pojedinog dijela
N	kn	iznos naknade na komunalni i/ili neopasni tehnološki otpad
N ₀	kn	osnovna naknafa za pojedinu vrstu vozila
N ₁	kn	jedinična naknada za emisiju štetne tvari u okoliš
Nem	kn	iznos naknade na emisiju CO ₂ , SO ₂ i NO ₂
O	t	količina odloženoga neopasnoga tehnološkog otpada u kalendarskoj godini
P	t	količina proizvedenog a neobrađenog ili neizvezenoga opasnog otpada
PN	kn	iznos posebne naknade na vozila na motorni pogon
Q	kWh	energija
Zz ₁ Z ₂ Z ₃	odgovarajuća mjerna jedinica	prostorna, tehnička i tehnološka značajka građevine ilii građevne cjeline

Popis stranih pojmova

C

Characterization - karakterizacija (faza određivanja utjecaja na okoliš LCA analize)

Commonwealth of Independent States, CIS - Udruženje Nezavisnih Zemalja bivšega Sovjetskog saveza

Cradle-to-grave - "od kolijevke do groba"

Cleaner production – čistija proizvodnja

D

Design for the Environment, DFE - projektiranje za okoliš

Damage assessment - mjerenje jačine utjecaja (faza određivanja utjecaja na okoliš LCA analize)

E

Eco-design – eko konstruiranje

Eco-efficiency – eko efikasnost

Eco-Indicator - eko pokazatelj

Ecosystem Quality, EQ - kvaliteta ekosustava

Economic Unit, ECU - bilo koja ekonomska jedinica

Embodied energy, EE – ukupna energija

Environmental Management System, EMS - Sustav upravljanja okolišem

End-of-pipe - obrada i zbrinjavanje otpada nakon što je već stvoren

End point methods - metoda završnih točaka

Environmental Assessment, EA – procjena okolišnih parametara

Employee Stock Ownership Plan, ESOP - plan da radnici posjeduju dionice tvrtke

Environmental Protection Agency, EPA - agencija za zaštitu okoliša vlade SAD-a

Extended product – prikaz ukupne vrijednosti proizvoda

Extended product responsibility, EPR – proširena proizvodna odgovornost

F

The Framework for the Development of Environment Statistics, FDES - okvir za razvoj statistike okoliša

G

Green production - "zelena" proizvodnja

Goal and scope definition – svrha i opseg provedbe LCA analize

Global Warming Potential, GWP – potencijal globalnog zagrijavanja

H

Human Health, HH - ljudsko zdravlje

I

Integrated Pollution Prevention and Control, IPPC – integrani pristup prevenciji i kontroli onečišćenja

Inventory analysis - popisivanje i analiziranje podataka LCA analize

L

Life Cycle Assessment, LCA – procjena životnog ciklusa proizvoda

Life Cycle Design, LCD - projektiranje ciklusa trajnosti proizvoda

Life Cycle Impact Assessment, LCIA – određivanje utjecaja proizvoda na okoliš

Life Cycle Interpretation, LCI – faza interpretacije rezultata u LCA analizi
Life Cycle Inventory Analysis, LCI – faza popisivanja i analize podataka u LCA metodi
Life Cycle Management, LCM – upravljanje životnim ciklusom proizvoda

N

Normalization - normalizacija (faza određivanja utjecaja na okoliš LCA anlike)

O

Ozone Depletion Potentials, ODP – oštećivanje ozonskog omotača

P

Programmable Logic Controller, PLC - programabilni logički kontroler

R

Resources, R - resursi

S

Single Score - ukupni utjecaj na okoliš

Society of Environmental Toxicology and Chemistry, SETAC - međunarodno udruženje za toksikologiju okoliša i kemiju

T

Total material requirement, TMR – ukupna potreba za materijalom

U

United Nations Environment Programme, UNEP -program Ujedinjenih naroda za okoliš

V

Volatile Organic Compounds, VOC - isparljivi organski sastojci

W

Weighting - klasifikacija (faza težinsko određivanja utjecaja na okoliš LCA anlike)

World Business Council for Sustainable Development, WBCSD - Svjetski poslovni savjet za održivi razvoj

Z

Zagreb Stock Exchange, ZSE - Zagrebačka burza

1. Uvod

"Danas, svako ljudsko biće traži ne samo svoj kruh - koji u svojoj jednostavnosti simbolizira hranu čovjeka kamenog doba - nego također i dio čelika, bakra i pamuka, svoj dio električne energije, nafte i radijuma; svoj dio otkrića, filma i međunarodnih vijesti. Jednostavno polje, bez obzira kakve je veličine nije više dovoljno: sada trebamo cijelu planetu da bismo nahranili (zadovoljili) naš rod."

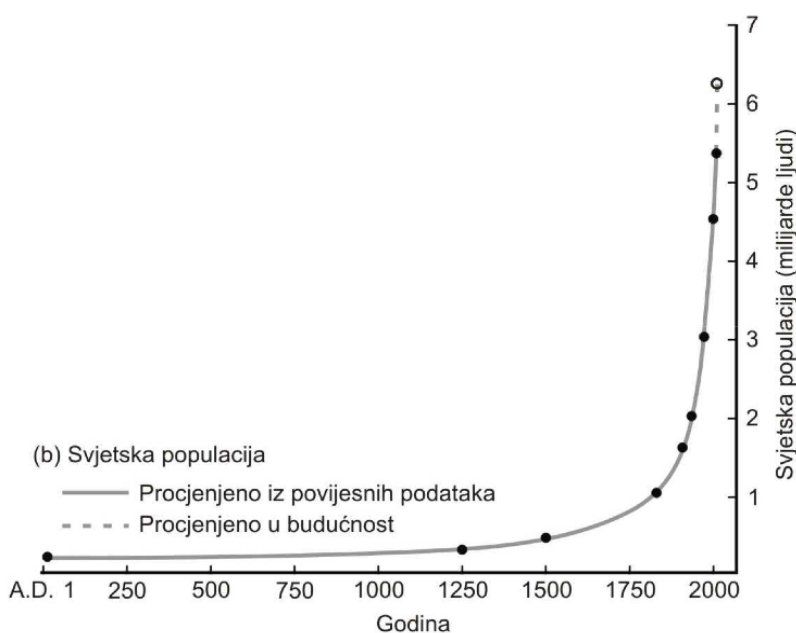
Teilhard de Chardin

Ova misao na najbolji način objašnjava razvoj čovječanstva. Što se više gospodarstvo razvija, što više rastu apetiti za profitom to se istodobno sve nedvosmislenije svijet nalazi suprotstavljen novoj odgovornosti. Ekonomski i gospodarski rast stvaraju gotovo neizdrživi pritisak na okoliš, u velikoj mjeri iscpljujući prirodne resurse, ali i utječu na floru, faunu, vodu, zrak itd.

Osnova ovog rada je upravo nužnost razvoja i ostvarivanja ideje "održivog razvoja", relativno novog koncepta koji je nastao kao odgovor na rapidnu brzinu razvoja gospodarstva koje sa sobom povlači niz negativnih posljedica kako na okoliš tako i na cjelokupni društveni razvoj. Ostvarivanje koncepta održivog razvoja predstavlja veliki izazov današnjem društvu u pronalaženju praktičnog načina življenja u sadašnjosti koje neće ugroziti budućnost. Postoje dva ključna problema u praktičnom održivom razvoju:

1. Kako zadovoljiti osnovne životne potrebe, uključujući potrebu za energijom,
2. Kako izaći na kraj s izazovima koje nameću društvene, socijalne i političke okolnosti, te ekonomija, tehnologija, okolina i očekivana "kvaliteta života!"

Kroz povijest ljudska aktivnost nije imala značajan utjecaj na okoliš sve do intenzivnijeg razvoja industrije. Fizičke aktivnosti i fiziološka potreba čovjeka uzrokovala je prve promjene u svijetu. No sve većim porastom broja stanovnika (Slika 1.1.) i stvaranjem društvenih zajednica počinje značajniji utjecaj na okolinu.



Slika 1.1. Eksponencijalni rast ljudske populacije na Zemlji [1]

Razvoj industrije, uporaba ugljena u proizvodnji energije u 18. stoljeću, uporaba nafte i naftnih derivata, isto kao i razvoj kemije i primjena kemijskih tvari u industriji, te razna otkrića, krajem 19. i kroz cijelo 20. stoljeće uvelike su doprinijeli onečišćenju okoliša u vidu raznih emisija u zrak, vodu i tlo. Kroz povijest, općenito, interes za zaštitom okoliša bio je gotovo nikakav. S druge pak strane interes za profitom je prevladavao i bio je iznad svijesti o potrebi očuvanja okoliša i brige za budućnost.

Prvi koraci i ekološko osvješćivanje pojavilo se drugom polovicom prošlog stoljeća, zahvaljući pojedincima i pojedinim organizacijama.

Iako se društvo i dalje razvija rapidnom brzinom, dolazi do velikih otkrića na području, medicine, znanosti, tehnologije, ali dolazi i do promjena na području brige za okoliš. Konačno je ljudska vrsta spoznala, da naš planet, nije nepresušan izvor energije i materijala, te da bez prirodnog okoliša nije moguć opstanak kako ljudske, tako niti jedne druge vrste na Zemlji.

*"200 godina smo osvajali prirodu.
Sada ju premlaćujemo na smrt."*¹

Tom McMillan

*"Nemoj tražiti grešku. Pronađi lijek."*²

Henry Ford

Zagađivanje okoliša uslijed ljudskih aktivnosti odvija se na 3 načina [3]:

1. Emisija štetnih tvari u zrak,
2. Emisija štetnih tvari u vodu,
3. Emisija štetnih tvari u tlo

1. Zrak

Najčešći zagađivači zraka su:

- ugljični dioksid (CO_2)
- ugljični monoksid (CO)
- dušikovi oksidi (NO_x)
- sumporovi oksidi (SO_x)
- lakohlapljive organske tvari
- fino raspršene čestice
- ostali polutanti:
 - ozon (O_3)
 - olovo (Pb)
 - živa (Hg)
 - isparljivi organski sastojci (VOC^3)

¹ "For 200 years we've been conquering Nature. Now we're beating it to death." [2]

² "Don't find fault. Find a remedy." [2]

³ Volatile Organic Compounds

Jedna dobra vijest u našem utjecaju na okoliš je da se zagađenje zraka smanjuje, a kvaliteta zraka raste. Prema podacima američke agencije za zaštitu okoliša, od 1990. do 2008. [2]:

- Ozon se smanjio za 14%
- Olovo smanjeno 78%
- Dušikov dioksid smanjen 35%
- Ugljični monoksid smanjen 68%
- Sumporov dioksid smanjen 59%

2. Zemlja

Uzroci onečišćenja zemljišta i degradacije su [2]:

- **Urbano širenje** - prirodna staništa su uklonjena kako bi napravili mjesta za zajednice, obično s neučinkovitim ili neodgovornim planiranjem.
- **Loše poljoprivredne prakse** - upotrebe kemijskih gnojiva, herbicida i pesticida, sječa šuma zbog potrebe proširenja poljoprivrednih zemljišta, itd.
- **Osobna potrošnja** - naš odnos prema otpadu, prekomjerno rudarstvo, itd.
- **Industrijske djelatnosti** - loše kvalitete proizvoda, neetične prakse (poput ilegalnih deponija), ekstremne emisije, itd.

Ništa od toga uzima u obzir divlje deponije, hiperprodukciju sintetičkih materijala, radioaktivni otpad i još mnogo toga.

Nekoliko primjera otpada koji se odlaže na zemlju:

- Otpadne tvari nastale uslijed procesa iskapanja rude (jalovina)
- Kruti otpad koji nastaje kao nusprodukt proizvodnog procesa
- Pepeo i šljaka nastali uslijed spaljivanja krutih goriva
- Ambalaža
- Iskorišteni proizvodi

3. Voda

Možda je najočitiji primjer negativnog utjecaja čovjeka na okoliš upravo zagađenje voda. Očito je da nam je potrebna voda za opstanak, ali malo ljudi zna koliko im je potrebno i koliko je dostupna. Stoga treba uzeti u obzir neke od činjenica Programa Ujedinjenih naroda za okoliš [2]:

- Od svih voda na Zemlji, samo 2,5% od toga je slatkovodna
- Od toga 2,5%, manje od 1% nam je dostupno
- Svaki čovjek dnevno zahtijeva i do 13 litara (50 litara) svježe vode za piće, kuhanje i čišćenje. To ne uzima u obzir vodu potrebne za uzgoj biljaka ili skrb za životinje
- 70% svih korištenih slatkovodne ide na navodnjavanje

Najčešći zagađivači vode su:

- Otopljene organske tvari
- Dušikovi spojevi
- Tvari koje negativno utječu na ravnotežu kisika
- Metali i njihovi spojevi

Voda ima široku primjenu, i u industriji se koristi na različite načina. Na primjeru cinčanja, u kasnijem poglavlju, možemo vidjeti kako se u smjesi sa raznim kemikalijama primjenjuje

kao otapalo, sredstvo za čišćenje, ispiranje, hlađenje itd. Na taj način u vodi ostaju razne nečistoće koje mogu završiti u okolišu, ukoliko ne postoji sustav za pročišćavanje otpadnih voda.

Najznačajnije posljedice uzrokovane nezaustavljivim rastom populacije i štetnim emisijama u okoliš su:

- Smanjivanje obradive površine,
- Smanjivanje površine šuma,
- Izumiranje flore i faune
- Pomanjkanje pitke vode; iscrpljivanje zaliha kisika u vodama,
- Klimatske promjene - efekt staklenika, uništenje ozonskog omotača,
- Kisele kiše,
- Globalno zatopljenje,
- Iscrpljenost prirodnih izvora energije i obnovljivih i neobnovljivih izvora energije,
- Nastanak smoga itd.

2. O Dalekovodu

Dalekovod je tvrtka osnovana 1949. godine, a do danas se razvila u organizaciju koja pruža usluge projektiranja, proizvodnje i izgradnje. U svojem dugogodišnjem poslovanju Dalekovod se razvio u veliku tvrtku čija je kvaliteta prepoznata u više od 80 zemalja diljem svijeta. [4]

Vizija:

Biti najbolja kompanija u Jugoistočnoj Europi, uz ostvarenje poslovne izvrsnosti.

Misija:

Izvođenje radova i pružanje inženjering usluga na području elektroenergetskih objekata, cestovne, željezničke i telekomunikacijske infrastrukture, poštujući najviše standarde društveno odgovornog ponašanja i nudeći klijentima pouzdanost i kvalitetu po načelima poslovne izvrsnosti.

Kao društveno odgovorna tvrtka, Dalekovod posebnu pažnju posvećuje i zaštiti prirode kroz uspostavljen i primijenjen sustav upravljanja okolišem te djeluje u skladu s načelima održivog razvoja.

2.1. Povijest Dalekovod Grupe [4]

1949. Osnovan Dalekovod

1962. Prva internacionalna referenca - Togo

1993. Dalekovod postaje dioničko društvo

2000./2001. ESOP⁴ program u kojem sudjeluje više od 60% zaposlenika

2004. Prva internaionalna akvizicija TKS⁵ Doboja

2005./2006. Ključna internacionalna referenca u Islandu koja je stvorila temelje za dobivanje natječaja u Skandinavskim zemljama

2005./2006. Ključna internacionalna referenca u Kazahstanu kao temelj za nove poslove u zemljama CIS-a⁶

2009. Prva investicija u obnovljive izvore energije

2009. Uvrštenje u službeno tržište ZSE⁷

2010. Početak rada prve vjetroelektrane

Svjestan da su mu ključna prednost znanje i stručnost zaposlenika, Dalekovod stalno ulaže u njihovo obrazovanje i usavršavanje.

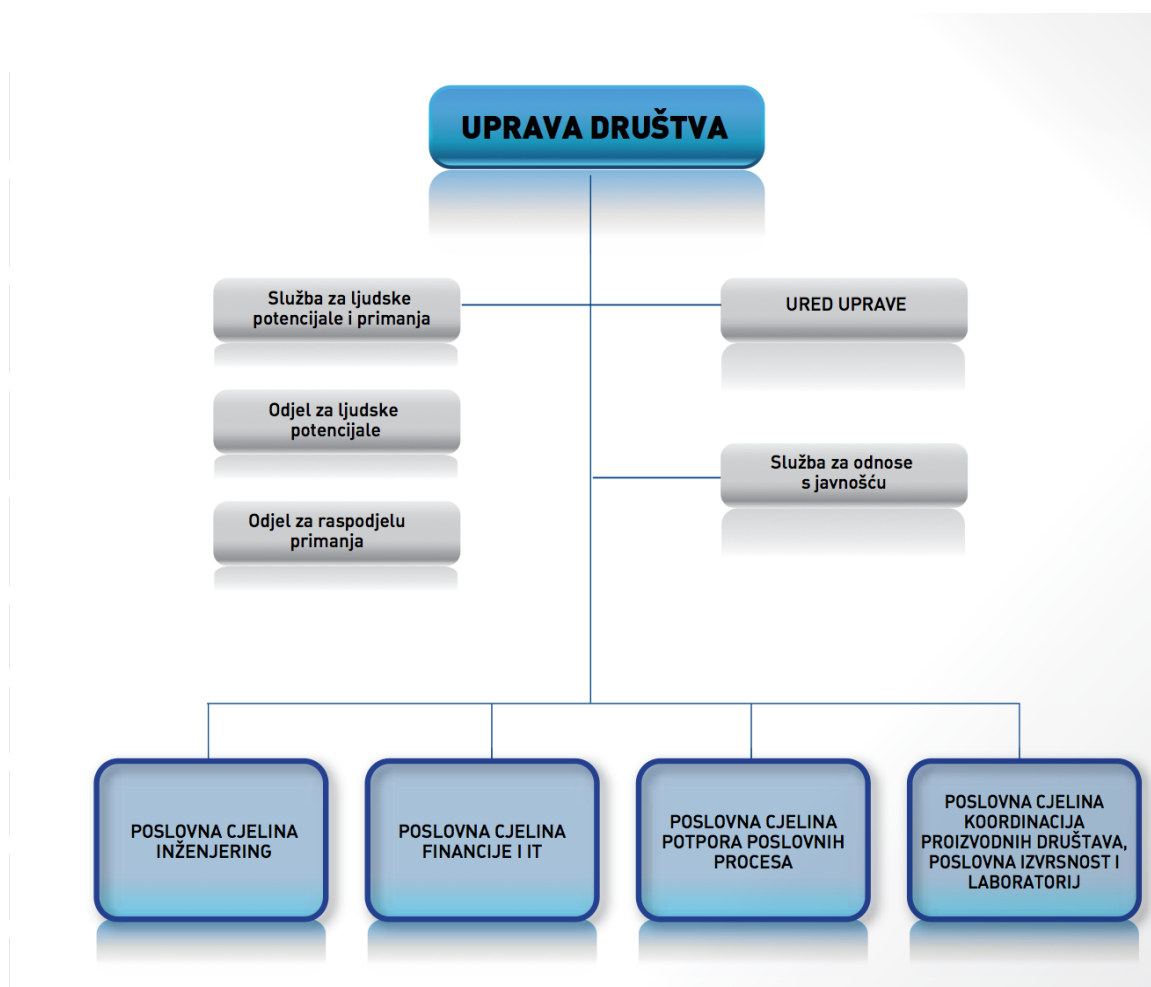
⁴ ESOP program (*Employee Stock Ownership Plan*) je plan ili program stvoren da bi radnici stekli osjećaj sudjelovanja u upravljanju i razvoju svog poduzeća. Radnici se stoga ohrabruju na kupnju dionica poduzeća

⁵ Dalekovod TKS / Tvornica konstrukcija i stubova a.d

⁶ Commonwealth of Independent States, odnosno Udruženje Nezavisnih Zemalja bivšega Sovjetskog saveza

⁷ ZSE (*Zagreb Stock Exchange*) - Zagrebačka burza

2.2. Organizacija



Slika 2.1. Organizacijska shema Dalekovoda [4]

U Dalekovod Grupi danas je zaposleno cca 1700 ljudi. Imaju ključnu ulogu obzirom da oni svojim znanjima i vještinama ovu tvrtku čine prepoznatljivom među konkurencijom te uspješnijom na tržištu.

2.3. Dalekovod grupa [4]

U Republici Hrvatskoj:

- Dalekovod d.d. za inženjering, proizvodnju i izgradnju
- Dalekovod Projekt d.o.o. za projektiranje, nadzor, konzalting i inženjering
- Dalekovod Proizvodnja d.o.o. za proizvodnju i cinčanje
- Dalekovod TIM d.d. - Tvornica istegnutih metala
- Unidal d.o.o. za proizvodnju otkivaka
- Dalekovod Professio d.o.o. za poslovanje nekretninama, trgovinu, savjetovanje, upravljanje i usluge kao mini grupa za OIE⁸
- Dalekovod Ulaganja d.o.o. za poslovne usluge
- Dalekovod EMU d.o.o. za proizvodnju, trgovinu i usluge

⁸ Obnovljivi izvori energije

- Dalekovod Adria d.o.o. za poslovne usluge

U svijetu:

- Dalekovod d.o.o. Mostar, Bosna i Hercegovina
- Dalekovod TKS Doboj a.d., Tvornica konstrukcija i stubova a.d., Doboj, Bosna i Hercegovina
- Dalekovod Inženjering in trgovina d.o.o., Ljubljana, Slovenija
- Daldom GmbH, Freilassing, Njemačka
- Dalekovod Poljska Spolka Akcya, Varšava, Poljska
- Dalekovod Namibija, Dalekovod Engineering and construction company Namibia, Proprietary Limited, Windhoek, Namibija
- Cindal d.o.o. za poslove cinčanja, Doboj, Bosna i Hercegovina
- Dalekovod Ukrajina d.o.o., Kijev, Ukrajina
- Dalekovod APS Greenland, Ilulissat, Grenland
- Dalekovod Norge AS, Oslo, Norveška

2.4 Proizvodi i usluge [4]

Proizvodi:

- ovjesna i spojna oprema za dalekovode svih nazivnih naponskih razina
- oprema za samonosivi kabelski snop
- oprema za kontaktne mreže
- metalne konstrukcije i dijelovi
- dalekovodni stupovi
- rasvjetni, antenski stupovi te stupovi za signalizaciju
- konstrukcije za transformatorska i rasklopna postrojenja
- hale
- čelične krovne konstrukcije
- sustavi zaštitnih ograda za cestovne prometnice
- barijere za zaštitu od buke
- nosači prometne signalizacije i putokaza
- oprema za samonosivi kabelski snop
- oprema za svjetlovodne kabele
- supne transformatorske stanice
- alati i strojevi posebne namjene

Usluge:

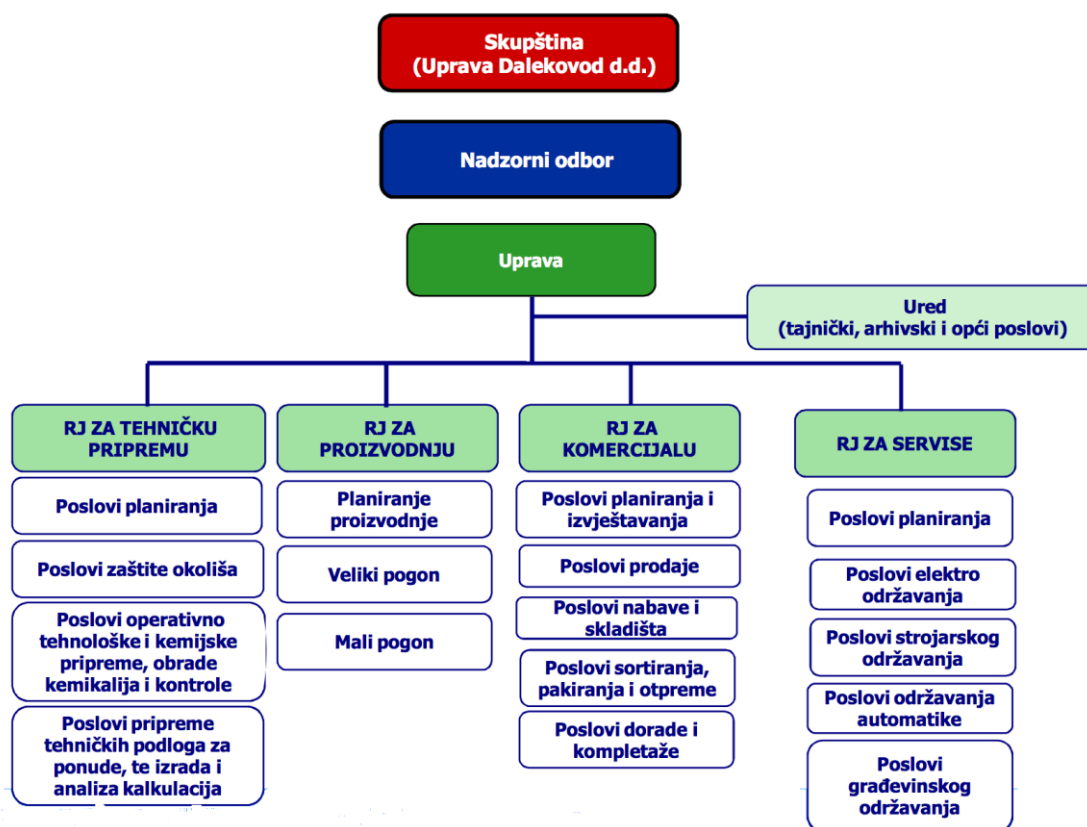
- antikorozivna zaštita čelika postupkom vrućeg cinčanja i bojanjem
- kovanje i prešanje čeličnih otkivaka
- lijevanje (kokile)
- kovanje i prešanje obojenih metala
- strojna obrada metala
- toplinska obrada metala
- toplinsko rezanje metala
- usluge montaže i demontaže

2.5 Cinčaonica

Dalekovod - cinčaonica d.o.o. dio je sustava Dalekovod grupe, puštena je u rad 2003. godine. Upravo je puštanjem u rad pogona za vruće cinčanje, sinergija unutar grupe značajno unaprijeđena. Osnovna djelatnost je antikorozivna zaštita čelika postupkom vrućeg cinčanja. Proizvodni kapacitet sastoji se od *pogona za diskontinuirano cinčanje* i *pogona za automatsko cinčanje sustavom centrifuge*.

Kapacitet cinčaonice iznosi 31 000 tona različitih vrsta proizvoda godišnje. Oko 50 posto kapaciteta cinčaonice popunjava oprema koju proizvodi Dalekovod, a ostalo koriste drugi metaloprerađivači. [5]

Usvojeni standardi su: EN ISO 9001:2000, EN ISO 14001:1996, OHSAS 18001.



Slika 2.2. Organizacijska shema Dalekovod-cinčaonice [6]

2.5.1. Pogon za diskontinuirano cinčanje [7]

Ovaj pogon omogućava cinčanje raznih proizvoda od čelika duljine do 12.5 m, kao što su čelično-rešetkaste konstrukcije, cijevni i poligonalni stupovi, ograde, kontejneri, bojleri, armatura i slično.

Kod ovog pogona predviđena je linija za cinčanje s kadama dimenzija 13000x1800x2800 mm

Tablica 2.1. Karakteristike pogona za diskontinuirano cinčanje [7]

Kapacitet	do 30 000 t/godina
Sustav grijanja	prirodni plin
Temperatura cinka	max 450 °C
Radne dimenzije	12.5 x 1.7 x 2.5 m

Standardi	ISO EN 1461, ASTM - A123, ASTM - A385 ili po zahtjevu kupca
-----------	---

2.5.2. Pogon za automatsko cinčanje sustavom centrifuge [7]

Ovaj pogon predviđen je za cinčanje predmeta maksimalne dimenzije do 700 mm, kao što su vijčana roba, matice, podloške, ovjesna i spojna oprema.

Ovaj pogon predviđa se kao zatvoreni, potpuno automatizirani s kadom za cinčanje dimenzija 3000x1000x1500 mm

Tablica 2.2. Karakteristike pogona za automatsko cinčanje sustavom centrifuge [7]

Kapacitet	do 6 000 t/godina
Sustav grijanja	prirodni plin
Temperatura cinka	max 450 - 560 °C
Standardi	ISO EN 1461, ASTM - A123, ASTM - A385 ili po zahtjevu kupca

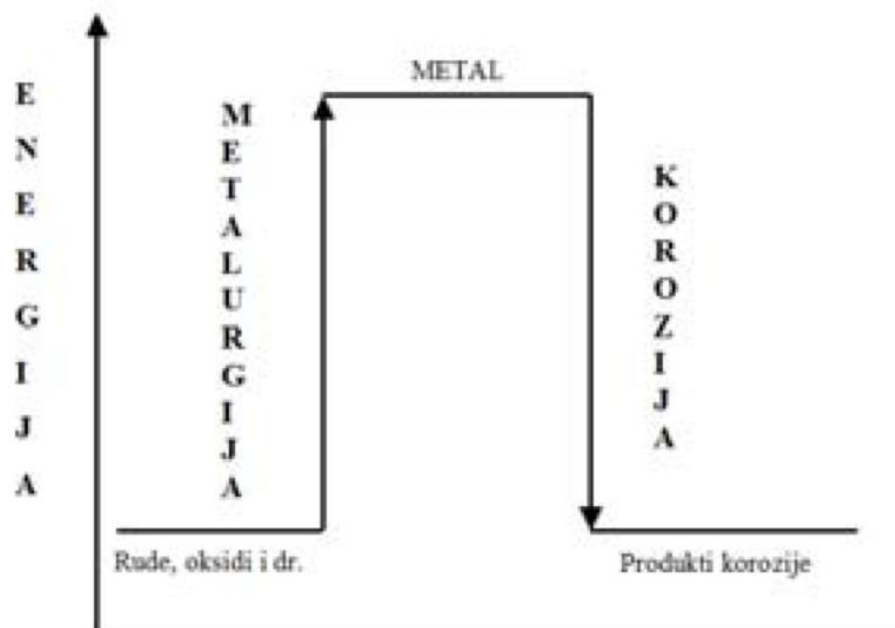
3. Tehnologije zaštite materijala

Još od doba starog Egipta poznata je zaštita materijala, ali se tome nije pridavala velika pozornost sve do prve polovice 20. stoljeća. Iako su brojna istraživanja i studije pokazale kako bi primjena zaštite materijala donijele značajne uštede, npr. produženi vijek trajanja konstrukcija, tehničkog zastarijevanja, isto tako sprječava havarije, nesreće velike gubitke u proizvodnji itd. Sve navedeno pokazuje veliki značaj pravovremene i kvalitetne zaštite materijala.

3.1. Korozija

Korozija je proces nenamjernog razaranja metalnih konstrukcija, uzrokovan fizikalnim, fizikalno-kemijskim i biološkim utjecajima. To je štetno i nepoželjno trošenje različitih konstrukcijskih materijala, naročito kovina, kemijskim djelovanjem plinova, para ili kapljevina iz okoliša. Posljedice korozije su ogromne štete u gospodarstvu, uzrokuje nesreće, dovodi do ugroženosti zdravlja ljudi, gubitaka u proizvodnji, kao i do teških ekoloških katastrofa koje dovode do nepovratnog mijenjanja okoliša.

Čelik je konstrukcijskih materijala bez kojeg je tehnološki razvoj je nezamisliv. Odlikuje se velikom mehaničkom otpornošću i povoljnom cijenom na tržištu, te zbog tih svojstava ima široku uporabu. Upravo zato što ima široku primjenu njegovo korozijsko ponašanje i načine antikorozivne zaštite potrebno dobro poznavati. Unos energije koji su čovjek i/ili sunčana energija unijeli u materijal ostaje prikriven u strukturi materijala i odpušta se čim postoji mogućnost za to. Prelazak materijala u prvobitno stanje je nepoželjan i dovodi do gubitka njegove vrijednosti, ali i vrijednosti svih konstrukcija i proizvoda koji sadrže taj materijal. Konačna posljedica otpuštanja energije je neupotrebljivost materijala, ako se ona dogodi prije roka tehničkog zastarijevanja, govorimo o velikom problemu zbog troškova koji nastaju. [8]



Slika 3.1. Prikaz energetske promjene pri dobivanju i koroziji metala [8]

3.2. Metode zaštite od korozije

Korozijski procesi, s kojima se svakodnevno susrećemo i koji predstavljaju pretvaranje velikog broja korisnih metala u nekorisne spojeve, pa i štetne korozijske produkte, u suštini su spontani procesi između metala i komponenata okoline pri čemu metali prelaze u termodinamički stabilnije stanje. [9]

Iz svega prije navedenog vidimo da je pravovremena i adekvatno odabrana metoda zaštite od korozije ključna za održivost kako konstrukcijskih materijala tako i proizvoda koji sadrže taj materijal.

Metal se može zaštititi od procesa korozije različitim metodama. Najčešći načini zaštite materijala od korozije su:

- **elektrokemijska zaštita** - tamo gdje nije moguća ili je otežana primjena ostalih metoda zaštite; metal se održava u pasivnom ili u imounom stanju, npr katodna zaštita
- **zaštita promjenom okolnosti** - npr. primjena inhibitora korozije
- **zaštitnim prevlakama** - najrašireniji oblik zaštite; metalne i nemetalne
- **zaštita konstrukcijskim metodama** - pri konstrukciji se uzimaju u obzir faktori koji utječu na smanjenje pojave korozije (pozicioniranje, oblikovanje, naprezanje itd.)
- **odabirom konstrukcijskih materijala otpornih na koroziju** - s gledišta korozijske postojanosti.

3.3. Zaštita metala prevlakama

Zaštita metala prevlakama danas je najrašireniji oblik zaštite metala od korozije. Prevlačenje metala je dugotrajan način zaštite bilo da se radi o atmosferskim utjecajima, ili o utjecajima najagresivnijih kemijskih spojeva s kojima dolaze u doticaj. Pritom je potrebno osigurati tehnologiju koja će omogućiti postojanost, trajnost i pouzdanost same prevlake na svim djelovima materijala koji štiti.

Prevlake možemo podijeliti na:

- **metalne** - mogu imati galvansko djelovanje ili su otpornije na koroziju od osnovnog materijala pa djeluje kao barijera prema utjecajima okoliša.
- **nemetalne** - mogu biti oksidi npr. aluminij, netopljive soli na željezu i čeliku te keramike i organski premazi.

Primarna zadaća prevlaka je da izolira osnovni materijal koji je korozivan, od medija koji ga okružuju i koji dovodi do korozije.

Sekundarna zadaća može biti primjerice estetika, postizanje određenih fizikalnih svojstava površine, zaštita od mehaničkog trošenja itd.

Kvaliteta prevlake ovisi o mnogo faktora. Neki od najbitnijih faktora su:

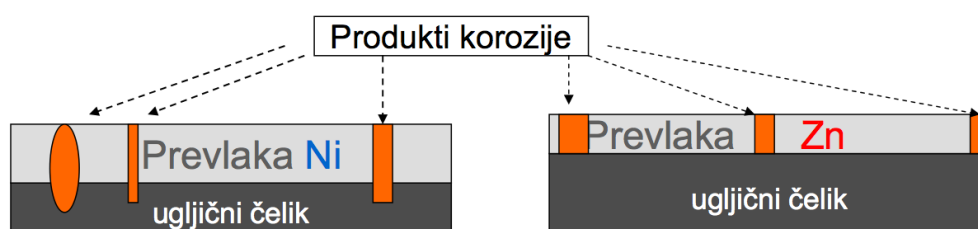
- pripremljenost površine,
- kvaliteta prevlake,
- debljina prevlake,
- tvrdoća na mehanička oštećenja,
- kemijska postojanost.

3.3.1. Postupci prevlačenja metalima

Metalne prevlake prema zaštitnim svojstvima možemo podjeliti na katodne i anodne.

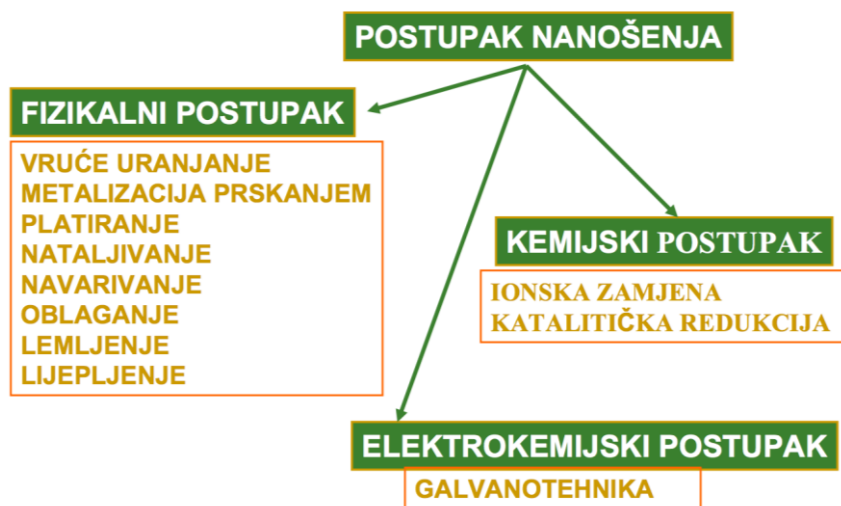
Katodne prevlake imaju pozitivniji elektrodni potencijal od potencijala metala koji zaštićuju. Mogu biti od nikla, kroma, kositra, olova na ugljičnom i niskolegiranom čeliku. Zaštićuju metal mehanički, a dobre su samo ako su kompaktne.

Anodne prevlake imaju negativniji elektrodni potencijal od elektrodnog potencijala čelika. Primjer za ovu vrstu prevlaka na ugljičnom čeliku su prevlake cinka i kadmija. Anodne prevlake zaštićuju od korozije temeljni metal ne samo mehanički, već i elektrokemijski. Dobre su i kad nisu kompaktne. Djeluju kao katodni protektori. [10]



Slika 3.2. Produkti korozije na katodnim i anodnim prevlakama [10]

Nanošenje metalnih prevlaka često se naziva *metalizacijom* ili *platiranjem*, a provodi se fizikalnim, odnosno kemijskim postupcima koji se, načelno, razlikuju po tome je li materijal prevlake već prije prisutan u obliku metala ili tek nastaje nekom kemijskom (elektrokemijskom) reakcijom u tijeku obrade. [11]



Slika 3.3. Postupci nanošenja metalnih prevlaka [10]

Neki od spomenutih postupaka na slici 3.3., primjerice vruće uranjanje, navarivanje, platiniranje i ionska izmjena, služe isključivo za prevlačenje metala, a drugi su, opet, upotrebljivi i za prevlačenje nemetalnih materijala. Pojedini su postupci upotrebljivi i za nanošenje samo jednog ili ograničenog broja metala. Tako se npr. redukcijom u otopini praktički dobivaju samo prevlake nikla, kobalta i bakra, a vrućim uranjanjem prevlake metala s nižim talištem. Drugi su postupci manje-više univerzalni (npr. metalizacija prskanjem ili galvanotehnika), što znači da se mogu primjeniti za nanošenje gotovo svih metalnih prevlaka.

Većina nabrojanih postupaka daje metalne prevlake koje uz podlogu prijanjaju običnom adhezijom. Nekim se metodama prevlačenja metalnih podloga ipak dobivaju prevlake koje čvršće prijanjaju nego što odgovara adheziji jer nastaje međusloj legure osnovnog pokrivnog metala tako da prevleku u neku ruku čine integralni dio obrađenih predmeta. [11]

Vruće uranjanje u talinu metala

Među važne metode fizikalne metalizacije ubraja se vruće uranjanje, tj. postupak pri kojem se metalna roba uranja u rastaljeni metal niskog tališta pa prevlaka nastaje nakon vađenja iz taline skrućivanjem filma zaostalog na obratku zbog kvašenja. Za primjenu vrućeg uranjanja glavni je uvjet da talište podloge bude mnogo više od tališta prevlake. Tom uvjetu odgovaraju podloge od ugljičnog čelika, sivog lijeva, bakra i Cu-legura i prevlake metala relativno niskog tališta [10]:

- Zn (440 do 460 °C)
- Sn (255 do 315 °C)
- Pb (355 do 375 °C)
- Al (700 do 750 °C)

Drugi je uvjet kvalitetnog prevlačenja ovim postupkom mogućnost međusobnog legiranja metala podloge i prevlake. Naime, da bi prevlaka čvrsto prionula za podlogu, mora se između njih oblikovati sloj legure, što se zbiva tijekom uranjanja nastajanjem kristala mješanaca. Međusloj osigurava vrlo čvrsto prijanjanje prevlake uz podlogu, ali je nastala legura obično krhka, pa je u pravilo, poželjno da njezina debljina bude što manja. Dobivanje kvalitetne podloge vrućim uranjanjem moguće je, očito, samo onda ako talina potpuno kvasi sve obrađivane plohe. Da bi se to postiglo predobradom se mora osigurati potpuna čistoća površine podloge i taline. [11], [12]

Metoda vrućeg cinčanja [3]

Vruće pocinčavanje je postupak kod kojeg se materijal nakon odgovarajuće kemijske pripreme potapa u talinu cinka temperature oko 450 °C i nastaje prevlaka cinka. U osnovi čine ga tri temeljna koraka ili operacije :

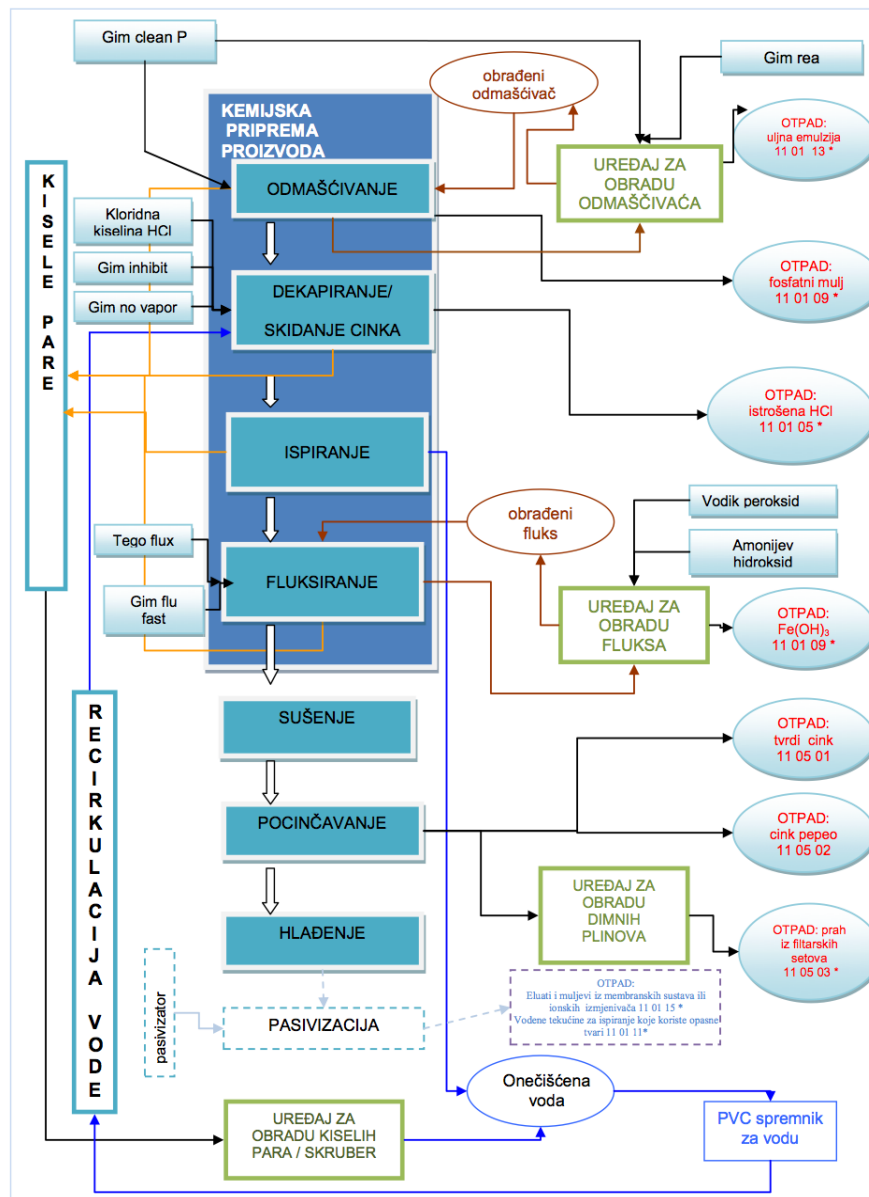
- čišćenje i priprema površine (odmašćivanje; dekapiranje; ispiranje; fluksiranje)
- vruće pocinčavanje uranjanjem u rastopljeni cink
- kontrola gotovog proizvoda

Priprema površine smatra se najvažnijim korakom. Dobivanje kvalitetne prevlake moguće je samo onda ako talina potpuno kvasi sve obrađivane plohe. Da bi se to postiglo, predobradom se mora osigurati potpuna čistoća površine podloge i taline

Uz navedeno postoje još 2 značajna dijela unutar Dalekovod cinčaonice:

- regeneracija otopina i pročišćavanje zraka - tehnologija se bazira na smanjenju ukupnih troškova proizvodnje, potpuno kontroliranom procesu vrućeg pocinčavanja i spriječavanju zagađenja okoliša jednim potpuno zatvorenim ciklusom

- automatsko vođenje procesa - cjelokupan proces od ulaska robe u proces kemijske pripreme do izlaska pocinčanog materijala iz kade za cinčanje, kontroliran je sustavom automatike, kojim upravljaju PLC⁹ -ovi.



Slika 3.4. Shema procesa vrućeg cinčanja [6]

Slika 3.4. prikazuje proces vrućeg cinčanja u Dalekovod cinčaonici. Postupak se sastoji od nekoliko stanica, a prije samog postupka pocinčavanja, potrebna je kemijska predobrada.

• Kiselo odmašćivanje

Odmašćivanje se provodi s ciljem uklanjanja zaostale prljavštine i masnoća s površine metala, nastalih u prethodnoj obradi ili korištenjem aditiva tijekom valjanja, bušenja ili tokarenja. U Dalekovod cinčaonici se koristi kiseli odmašćivač na bazi fosfatne kiseline i površinski aktivnih tvari (*Gim cleaner P*).

Prednosti korištenja ove vrste odmašćivača su:

⁹ PLC (Programirani logički kontroleri) omogućavaju uvid u trenutno stanje postrojenja i alarmiraju u slučaju eventualne pogrešne manipulacije opremom (u konkretnom slučaju cinčaonice).

- eliminirana voda za ispiranje poslije odmašćivanja
- lakša obrada istrošene otopine
- ušteda energije potrebne za zagrijavanje otopine (radna temperatura oko 35 °C, za razliku od lužnatih sredstava koji su efikasni na puno višim temperaturama i zagrijavanje se vrši energijom dimnih plinova nastalih u procesu pocinčavanja)
- ušteda u potrošnji kiseline za dekapiranje.

• Dekapiranje (nagrivanje)

Dekapiranje je faza čišćenja i pripreme površine tijekom koje se u 15 - 16% otopini solne (kloridne) kiseline (HCl), a s ciljem uklanjanja oksida željeza s površine metala koji će se pocinčavati. Kvaliteta procesa dekapiranja određuje kvalitetu prevlake cinka (prijanjanje, trajnost, strukturu). Radna temperatura otopine za dekapiranje je oko 22 °C. Ova otopina se zagrijava energijom dimnih plinova nastalih u procesu pocinčavanja. U procesu nastaju željezni kloridi, koji u malim koncentracijama djeluju kao katalizatori reakcije. Međutim porastom koncentracije djeluju kao inhibitori reakcije.

Proces dekapiranja obično je popraćen obilnim izdvajanjem vodika na površini metala, te nastajanjem kiselih para. Oba procesa rezultat su kemijske reakcije željeza i kloridne kiseline. Da bi se otklonile/ublažile ove neželjene reakcije u Dalekovod cinčeonici se koriste dva aditiva *Gim inhibit C* koji inhibira kemijsku reakciju željeza i kloridne kiseline i pospješuje uklanjanje oksida željeza s površine metala i *Gim no vapor* koji inhibira reakciju metala i kiseline, a time i razvijanje kiselih para.

• Ispiranje

Da bi se spriječila kontaminacija otopine za fluksiranje s ionima željeza, potrebno je izvršiti ispiranje proizvoda u vodi.

Voda iz procesa ispiranja stalno kruži u procesu i služi za pripremu potrebnih otopina za dekapiranje. Prednosti (ekonomske, tehnološke, ekološke) ovakvog načina ispiranja u zatvorenom sustavu su:

- potrošnja vode je svedena na minimum
- osigurana kontinuirana tehnološka kvaliteta vode za ispiranje
- osigurana minimalna kontaminacija otopine za fluksiranje
- spriječeno je ispuštanje vode u kanalizacijski sustav, a time i potencijalno zagađenje voda prirodnih tokova

• Fluksiranje

Fluksiranje (obrada fluksom¹⁰) je krajnja faza procesa kemijske obrade čelične površine prije postupka vrućeg pocinčavanja koja osigurava kvašenje osnovnog metala talinom. Fluksiranjem se sprečava ponovna oksidacija željeza na putu od otopine za dekapiranje do uranjanja elementa u rastaljeni cink. U tu svrhu koristi se otopina dvosoli cink-amonij klorida.

Metoda nanošenja fluksa na površinu metala ovisi o primjenjenoj tehnologiji "mokrog" ili "suhog" vrućeg pocinčavanja. U oba slučaja fluks omogućava čvrstu prionjivost, odnosno tvorbu intermetalnog spoja cinka i čelika.

¹⁰ Izrazom fluks (franc. flux, č. fliks) također se označuju sredstva za čišćenje pri lemljenju i zavarivanju, kao i taljiva (talila) koja se dodaju rudama pri dobivanju metala, kako bi reakcijom s jalovinom na visokim temperaturama nastala lakotaljiva troska. [11]

U "suhom", novijem postupku, fluksiranje se izvodi uranjanjem i kupanjem u otopini cinkovog i amonijevog klorida zagrijanog do 70 °C, odnosno vrši se pre-fluksiranje. Nakon toga materijal se suši u sušarama (do 120 °C), i time ujedno zagrijava prije uranjanja u rastopljeni cink (štedno cinčanje).

U "mokrom", starijem postupku, rastopljeni kloridi uz dodatak sapuna ili glicerina plivaju na površini prednjeg djela pregrađene kade s rastopljenim cinkom. Mokri materijal provlači se kroz taj stvoreni sloj rastaljenih klorida, površina se dodatno čisti od zaostalih nečistoća i masnoća te neposredno reagira s otopljenim kloridom.[14]

- **Skidanje cinka**

Skidanje cinka s loše pocinčanih elemenata provodi se u otopini kloridne kiseline, pri sobnoj temperaturi.

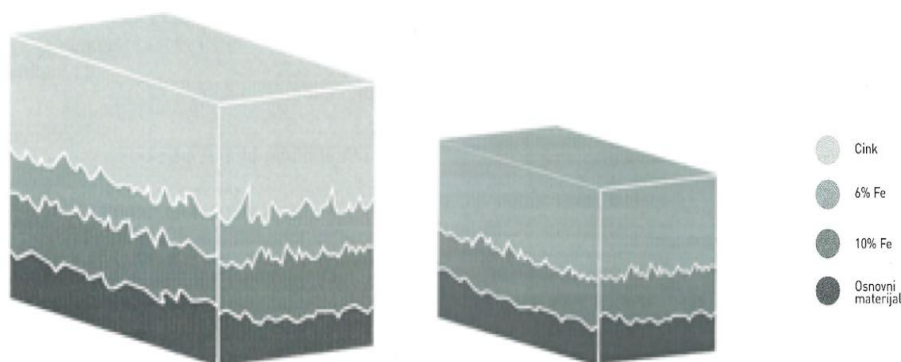
Da bi se izbjegla kemijska reakcija željeza/čelika i kloridne kiseline dodaje se aditiv *Gim inhibit strip*. On inhibira kemijsku reakciju i tako omogućuje da materijal ostane uronjen u otopinu duže bez posljedica na kvalitetu kasnijih faza procesa, te spriječava nastajanje velike količine pjene tijekom reakcije kloridne kiseline i cinka. Prednosti upotrebe ovog aditiva su:

- sprječavanje kemijske reakcije kloridne kiseline i čelika
- smanjenje potrošnje kiseline za skidanje cinka
- smanjeno razvijanje kiselih para
- ne utječe na obradu istrošenih kiselina za skidanje cinka.

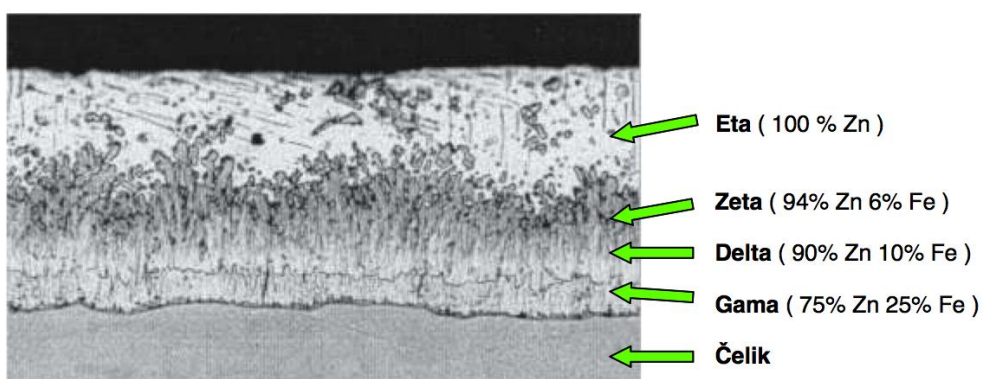
- **Vruće pocinčavanje**

U osnovi to je kemijska reakcija, čiji je rezultat formiranje i strukturiranje cinkove prevlake u ovisnosti o pripremljenosti površine, karakteristikama materijala (oblik i vrsta materijala, debljina stijenke, stanje površine i sl.), točnom određivanju potrebne temperature rastopljenog cinka (mora biti bar za 20 °C viša od tališta metala prevlake), potrebnoj brzini uranjanja u rastopljeni cink, vremenu zadržavanja materijala u rastopljenom cinku, potrebnoj brzini izranjavanja, odnosno kvaliteti ocijeđivanja prelička cinka na površini materijala. [14]

Uranjanjem materijala u talinu cinka dolazi do reakcije željeza i cinka i nastaje prevlaka koja se sastoji od više slojeva (Slika 3.5), u kojima se udio željeza u pojedinom sloju smanjuje prema vanjskoj površini. Na vanjskoj površini je završno sloj čistog cinka. Završni sloj može ponekad izostati, te se cijela prevlaka sastoji od legure željeza i cinka, takva prevlaka ima jednaka antikorozijska sredstva poput obične prevlake.



Slika 3.5. Slojevi cinkove prevlake [13]



Slika 3.6. Mikrografska fotografija presjeka cinkove prevlake izvedene postupkom vrućeg pocinčavanja [14]

Ukupna debljina prevlake i relativne debljine svakog sloja u njoj isto tako i izgled i mehanička svojstva ovise o: temperaturi taline, kemijskom sastavu čelika i cinka, te taline cinka. Kemijski sastav čelika je od presudne važnosti za kavalitetu vrućeg pocinčavanja, naročito zbog toga što na njega ne možemo utjecati. Legirni kemijski element koji ima najizraženiji utjecaj je silicij.

Kako je prikazano na slici 3.7. krivulja Sandelin područja paraboličnog je oblika. Na početku je reakcija izuzetno brza i veći dio cinkove prevlake nastaje tijekom tog perioda. Reakcija se potom usporava, a debljina prevlake značajno raste, čak i ako je materijal izuzetno dugo uronjen u talinu. Uobičajeno je vrijeme uranjanja oko 4 - 5 minuta, ali može biti i duže u slučaju teških predmeta koji imaju veću termalnu inerciju ili gdje je potrebno prodiranje taline u unutrašnje prostore. Dijagram prikazuje krivulje za uranjanje od 3 min i 9 min.

Povoljan sadržaj silicija je u slijedećim područjima:

$$0 \% < \text{Si} \% < 0 \%$$

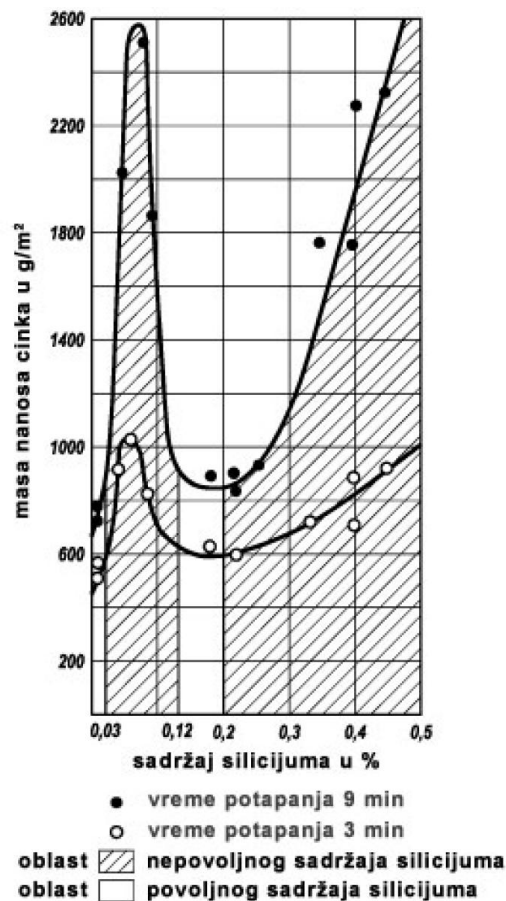
$$0,13 \% < \text{Si} \% < 0,20 \%$$

Najkritičniji sadržaj je:

$$0,03 \% < \text{Si} \% < 0,12 \% \text{ (Sandelin područje)}$$

Ako je sadržaj silicija ispod "sandelin" područja ($< 0,03\% \text{ Si}$) vrlo je važan sadržaj fosfora. Tada mora biti ispunjena slijedeća empirijska formula:

$$\text{Si} (\%) + 2.5 \times \text{P}\% \leq 0,09\%$$



Slika 3.7. Debljina prevlake cinka u zavisnosti o postotku silicija [15]

Debljina prevlake definirana je debljinom materijala. Tri su izuzetka od ovog pravila:

- centrifugiranje vruće pocinčanih materijala - materijal se priprema na standardni način i uranja u talinu cinka u perforiranim košarama koje se po završetku procesa pocinčavanja centrifugiraju s ciljem uklanjanja viška cinka i dobivanje čistih profila
- povećanje hrapavosti površine metala - hrapaviji materijali imaju veću kontaktnu površinu željeza i taline cinka. Općenito se na ovaj način masa prevlake cinka poveća za 50%
- upotreba reaktivnog čelika - ukoliko je potrebna deblja prevlaka cinka koristi se tzv. reaktivni materijal/čelik, primjerice čelik s dodatkom silicija. Silicij mijenja strukturu prevlake, pa ona nastavlja rasti s porastom vremena uranjanja i ovisnosti debljine prevlake i vremena nije paraboličnog oblika. manji udjeli fosfora na sličan nalin utječu na nastajanje prevlake, pa je moguća potpuna transformacija sloja cinka u leguru željezo - cink.



Slika 3.8. Pocinčavanje u velikoj kadi u Dalekovod cinčaonici

U kadi za pocinčavanje stvaraju se dvije specifične vrste otpada (sekundarne sirovine): cink pepeo i tvrdi cink.

Pocinčavaju se različiti proizvodi od čelika i lijevanog željeza izrađeni od lima i profila te otkivci, odljevci, sitni izraci (osobito s navojima), limene ploče i trake debele do 3mm, žice i cijevi.

- **Hlađenje**

Hlađenje pocinčanih materijala u vodi ima za cilj zaustavljanje reakcije cinka i željeza i stvaranje sjajne prevlake.

Voda od hlađenja djelomično isparava tijekom procesa hlađenja, a djelomično se koristi za pripremu otopine kloridne kiseline za skidanje cinka.

U slučaju složenih dijelova konstrukcije ne primjenjuje se hlađenje u vodi. Da bi se izbjeglo deformiranje konstrukcije primjenjuje se hlađenje zrakom.

- **Pasivizacija**

Pasivizacija je proces uranjanja pocinčane metalne konstrukcije u otopinu pasivizatora s ciljem formiranja zaštitne prevlake koja sprečava stvaranje bijele korozije¹¹. Otopina za pasivizaciju se priprema sa deioniziranom vodom, pa se ona koristi u procesu trajno. Iz procesa pasivizacije nema otpadnih voda, nego se nastala otpadna voda iz deionizatora koristi dalje u procesu skidanja cinka. Zaštitni film traje oko šest tjedana, a nakon toga počinje stvaranje cinkove patine. Proces pasivizacije nije standardni proces pogona vrućeg cinčanja, a radi se ukoliko to zahtjeva kupac.

¹¹ Bijela korozija vrsta korozije pocinčanih proizvoda, koja nastaje skladištenjem pocinčanog proizvoda na kiši i vlazi.

4. O održivom razvoju

Prije četrdesetak godina počelo se uviđati kako je nemoguće imati zdravo društvo i kvalitetno gospodarstvo u svijetu u kojem postoji toliko siromaštva i narušavanja okoliša u kojem živimo. Budući da gospodarstvo napreduje rapidnom brzinom, njegov razvoj nemoguće je zaustaviti, stoga mu valja promijeniti smjer, kako bi bio što manje poguban za okoliš i društveni razvoj. Upravo su te spoznaje i njihovo pretvaranje u djelo izazov današnjem društvu.

4.1. Razvoj ideje održivog razvoja

Koncept održivog razvoja podrazumijeva proces prema postizanju ravnoteže između gospodarskih, socijalnih i ekoloških zahtjeva kako bi se osiguralo "zadovoljavanje potreba sadašnje generacije bez ugrožavanja sposobnosti budućih generacija da zadovolje svoje potrebe". Tako je od 1987. godine kada je na ovaj način definiran u Izveštaju Svjetske komisije za okoliš i razvoj, kojom je predsjedovala Gro Harlem Brundtland, princip održivog razvoja postao ključan element za formuliranje i provođenje razvojnih politika u svijetu.

Operacionalizacija koncepta i njegova primjena u praksi rezultat su težnji usmjerenih k dugoročnom razvoju i opstanku ljudskog društva te očuvanju okoliša. Ključni događaj u tom procesu bili su Svjetski skupovi u Riju i Johannesburgu te usvajanje Milenijske deklaracije UN-a (rujan 2000.).

4.2. Definicije održivog razvoja

Održivost se od 1980-ih više koristi u smislu čovjekove održivosti na planetu Zemlji, pa je to rezultiralo najčešće citiranom definicijom održivosti i održivog razvoja koju je donijela Svjetska komisija o okolišu i razvoju Ujedinjenih naroda.

Razvoj koji zadovoljava potrebe današnjice bez ugrožavanja sposobnosti budućih generacija u zadovoljavanju njihovih potreba.

Održivi razvoj je proces promjene kojem su iskorištavanje resursa, smjera ulaganja, orijentacije tehničkog razvoja i institucionalne promjene u međusobnom skladu i omogućavaju ispunjavanje potreba i očekivanja sadašnjih i budućih naraštaja

*Brundtland, Svjetska komisija o okolišu i razvoju 1987.
Izveštaj "Naša budućnost".*

Održivost i održivi razvoj mogu se primjeniti ne samo na čovjekovu održivost na Zemlji nego na mnoge situacije i kontekste u raznim razmjerima prostora i vremena, od malenih lokalnih do globalne ravnoteže proizvodnje i potrošnje. Nije nužno trenutačna situacija već cilj u budućnosti, predviđanje.

Razvoj u okvirima prihvatnog kapaciteta ekosustava Zemlje.

IUCN - Međunarodna unija za očuvanje prirode

Poboljšanje kvalitete života, ali u okvirima prihvatnog kapaciteta ekosustava.

Claude Martin, WWF

Održavanje ravnoteže između ljudske potrebe za poboljšanjem kvalitete življenja i blagostanja s jedne strane te očuvanje prirodnih izvora ekosustava, o kojima ovise buduće generacije.

The Global Development Research Center

*Održivi razvoj
potrošnja < obnavljanje*

Ribari s otoka Hvara

"Svaka generacija mora riješiti svoje zadatke i ne smije ih ostaviti sljedećim generacijama - ovo je osnovna zamisao održivog razvoja i ona uključuje i globalnu perspektivu."

Gerhard Schröder

*Predgovor Izvještaju o napretku iz 2004. godine vlade Savezne Republike Njemačke:
"Perspektive za Njemačku. Naša strategija održivog razvoja"*

4.3. Koncept održivog razvoja

Održivi razvoj integrira tri dimenzije:

- uspjeh na gospodarskom polju,
- kvalitetu okoliša u kojem živimo,
- društvenu odgovornost



Slika 4.1 Tri dimenzije održivog razvoja [16]

Sve tri dimenzije međusobno se preklapaju (Slika 4.1.), a njihova međusobna interakcija je posebno važna za ispunjenje koncepta održivog razvoja kao nove razvojne strategije i filozofije društvenog razvoja. Unutar Ujedinjenih Naroda međuovisnost dimenzija prikazana je u sklopu FDES¹²-a poznatom vezom *pritisak-stanje-odgovor*.

Izazov današnjeg društva je upravo napredak na području zaštite okoliša, takve promjene potiču i povećavaju produktivnost resursa. Gospodarska dimenzija uključuje smanjenje siromaštva kroz njihovo zaposlenje, plaće, poticanje investicija, inovacija i poduzetništvo. itd..

Socijalna odgovornost neke tvrtke čini briga za društvo. Društvena dimenzija održivog razvoja trebala bi osigurati unapređenje obrazovnog sustava i zdravlja, riješeno stambeno pitanje, školovanje, sudjelovanje u procesima odlučivanja, ravnopravnost spolova, zaštita kulturnih identiteta, tradicije...

Odgovornost poduzeća mora uključivati održivu potrošnju, zadovoljenje potrošačkih potreba i odgovornost za sami proizvod. Održiv razvoj moguć je samo ukoliko razvijamo, cijenimo i održavamo prednosti okoliša. Društvena odgovornost poduzeća očituje se u racionalnoj upotrebi energije i prirodnih izvora (zraka, vode, šuma, tla, itd.), korištenju i ponovnoj uporabi prirodnih resursa i energije, pažljivom upravljanju i očuvanju neobnovljivih resursa, očuvanje flore i faune itd..

4.4. Principi održivog razvoja [18]

Globalno prihvaćeni principi održivog razvoja, definirani su kroz Deklaraciju iz Rija i Agendu 21¹³, Deklaraciju i Plan provedbe iz Johannesburga, kao i na principima Milenijske deklaracije UN (koji su pretočeni u Milenijske razvojne ciljeve). Predstavljaju okvir u kojem su definirani ciljevi, zadaci i mjere za provođenje politike održivog razvoja. Sažeto se mogu prikazati na sljedeći način:

- Integriranje pitanja okoliša u razvojne politike;
- Internalizacija troškova vezanih za okoliš (tj. prevođenje eksternih troškova degradacije okoliša u interne troškove zagađivača/korisnika) kroz provođenje principa zagađivač/korisnik plaća;
- Sudjelovanje svih društvenih dionika u donošenju odluka kroz procese savjetovanja i dijaloga te stvaranje partnerstva;
- Pristup informacijama i pravosuđu;
- Generacijska i međugeneracijska jednakost (uključujući i rodnu ravnopravnost) i solidarnost;
- Princip supsidijarnosti (hijerarhije odnosno međuzavisnosti) između lokalne i globalne razine;
- Pristup uslugama i financijskim resursima koji su neophodni za zadovoljavanje osnovnih potreba.

¹² The Framework for the Development of Environment Statistics (FDES 2013) je višenamjenski konceptualni i statistički okvir koji je sveobuhvatan i integrativan u prirodi i označava opseg statistike okoliša. [17]

¹³ *Agenda 21* je plan akcija, odnosno, opšteprihvaćeni principi održivog razvoja o kojima su se sporazumjele vlade 182 zemlje na sastanku u Rio de Janeiru 1992. godine.

5. Održiva proizvodnja

Posljednjih su godina, kako u svijetu tako i kod nas, Vlade i industrijski sektor popravili stajalište o pitanjima okoliša. Nekadašnja praksa da se popravljaju onda kad je šteta već učinjena, sada se zamjenjuje praksom da se rizici razmatraju u najranijim stadijima. Održivi razvitak postaje sastavni dio razvojnih strategija mnogih poduzeća. Zelena proizvodnja (Green production) je poslovna strategija koja se fokusira na profitabilnost kroz ekološki prihvatljive operativne procese. Zagovornici ove filozofije upravljanja tvrde da je održiva proizvodnja razuman tijek razvoja nekog poduzeća. Poslovna strategija temelji se na principu održivosti okoliša, a to može biti ključni temelj za konkurentsku prednost u budućnosti. Zelena proizvodnja je tek prvi korak ka postizanju održive proizvodnje.

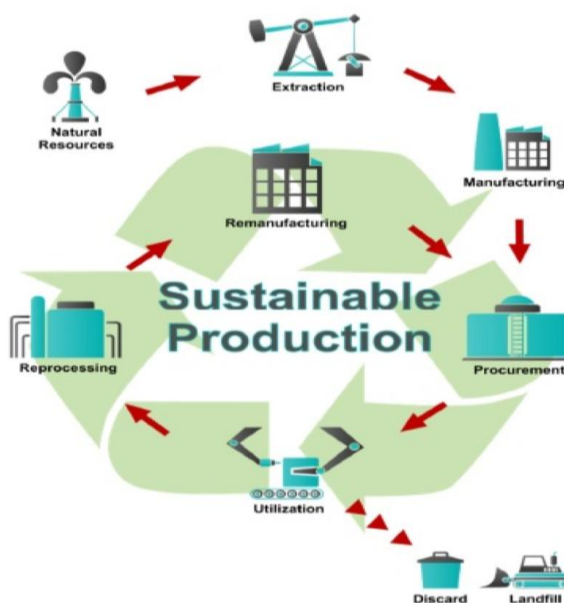
5.1. Definiranje i uspostavljanje Green proizvodnih procesa

Mnogi ljudi misle da zelena proizvodnja podrazumijeva samo pokretanje kontrole onečišćenja ili programe recikliranja pri proizvodnji robe. Stvarnost je, međutim, da zeleni proizvodni procesi nastoje minimizirati utjecaj proizvodnog procesa na okoliš u svakoj fazi.

George Zinkhan i Les Carlson navode, u časopisu "Journal of Advertising", da su potrošači "zabrinuti ne samo za kupnju i proces potrošnje, već i zbog procesa proizvodnje, u smislu korištenja ograničenih resursa". Uzimajući ove činjenice u obzir, Stuart Hart i P. Shrivastava, u studiji "Greening Organizations", na slijedeći način definiraju Zelenu proizvodnju [19]:

"Zelena proizvodnja se fokusira na tri temeljna cilja:

- 1) smanjenje emisija i otpadnih voda,
- 2) biranje najprikladnijih materijala, pretvaranje otpada u sirovine, davanje prednosti obnovljivim materijalima i smanjenje količine neobnovljivih oblika energije,
- 3) smanjenje ukupnih troškova životnog ciklusa ("od kolijevke do groba") proizvoda ili usluga"



Slika 5.1. Održiva proizvodnja [20]

Pri razvijanju proizvoda poduzeća bi trebala olakšati kontakte između svih sudionika proizvodnje (dizajnera, inženjera, upravitelja proizvodnje itd.) kako bi se "green" alati (npr. LCA (Life Cycle Assessment) i LCM (Life Cycle Management) o kojima će riječ biti u kasnijim poglavljima), počeli koristiti u što ranijem stadiju proizvodnje. Stoga s obzirom na utjecaj na okoliš, danas postoje 4 pristupa proizvodnji:

1. Tradicionalni

- Odlaganje otpada/razblaživanje
- "End-of-pipe" - obrada i zbrinjavanje otpada nakon što je već stvoren

2. Preventivni

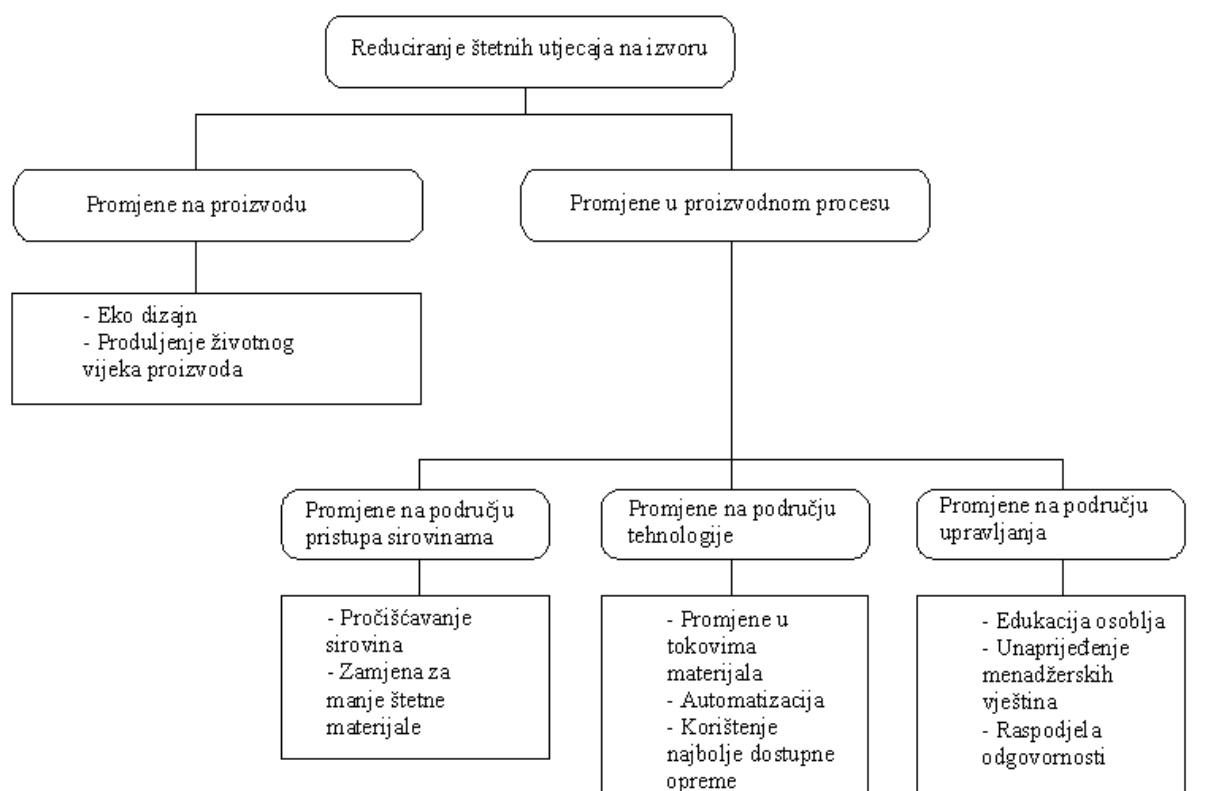
- Čišća proizvodnja uz minimiziranje otpada
- Sustav upravljanja okolišem (EMS - "Environmental Management System")
- Proizvodnja fokusirana na što efikasnije iskorištavanje raspoloživih resursa

3. Proizvodnja fokusirana na proizvod

- Eko-dizajn

4. Dematerijalizacija

- Proizvodnja fokusirana na uslugu koja se putem proizvoda pruža potrošaču



Slika 5.2. Shematski prikaz pravaca djelovanja u svrhu smanjenja štetnog utjecaja proizvodnje [3]

Iz slike 5.2. vidimo da na reduciranje štetnih utjecaja na izvoru možemo utjecati na 2 načina: promjenom na samom proizvodu ili promjenama u proizvodnom procesu i to od samog početka, uključujući promjene na području sirovina, tehnologija i upravljanja.

5.2. Ekološki dizajn ("Eco-design")

U modernim procesima proizvodnje nekog proizvoda vrlo se rano dolazi do određenih zahtjeva, još u fazi dizajna, koji kasnije prate proizvod kroz cijeli životni vijek, u to se ubrajaju upotreba, izgled, ispravnost, izdržljivost, reciklaža itd.. Godine 2000. svjetske su vlade u Malmöu, Švedska, pozvale na poštivanje načela održive proizvodnje i potrošnje kako bi se poboljšalo kvalitetu konačnih proizvoda i usluga te smanjilo utjecaj na okoliš i zdravlje, te su tako nagovjestili eru ekološkog dizajna. [21]

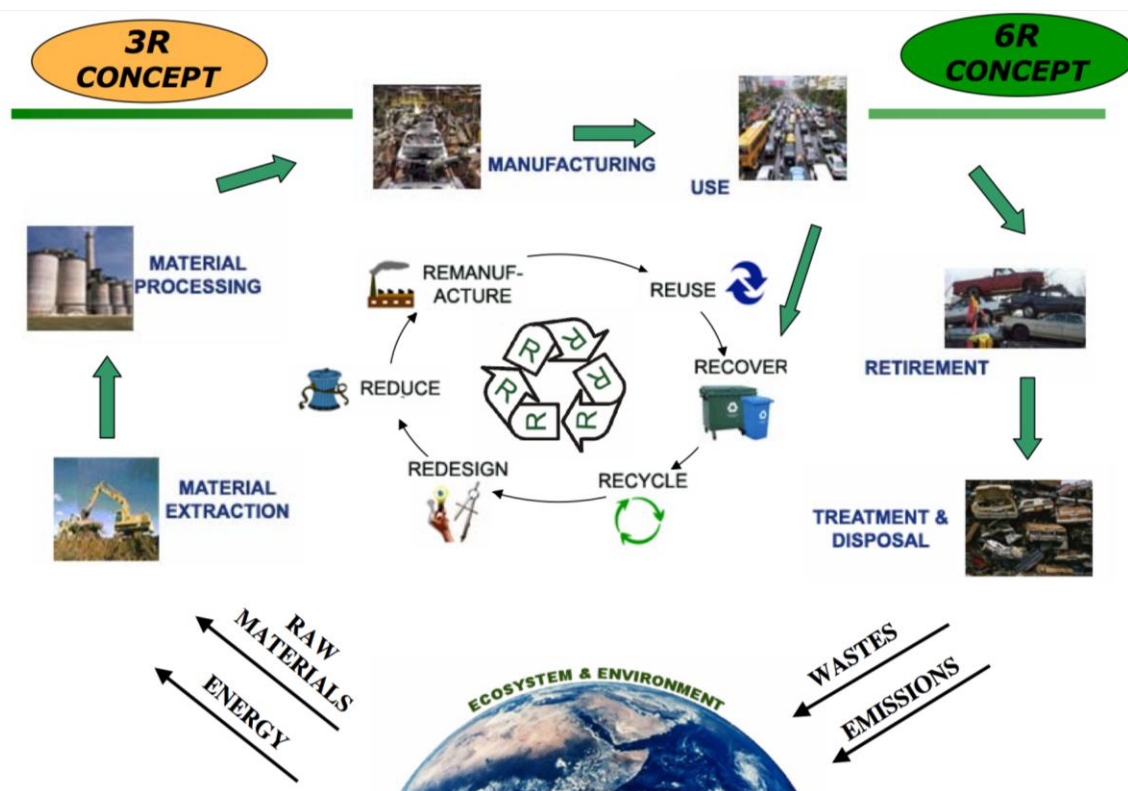
"Eco-design" je sustavna primjena razmatranja utjecaja proizvoda na okoliš u stadiju pripreme proizvodnje. Cilj jest izbjeći, ili barem umanjiti, najznačajnije štetne utjecaje proizvoda na okoliš, tijekom čitavog njegovog životnog ciklusa, a da se pri tome održi ili poboljša kvaliteta.¹⁴

Sva potrošačka dobra, pa tako i ona "zelena" imaju nepovoljne posljedice za okoliš u većem ili manjem opsegu. Svrha eko-dizajna je da se utjecajni na okoliš tijekom cijelog životnog ciklusa proizvoda svedu na najmanju mjeru, ali da se pritom zadrži isti stupanj učinkovitost i korisnosti.

Principi eko-konstruiranja možemo prikazati pomoću 6R koncepta održive proizvodnje [22]:

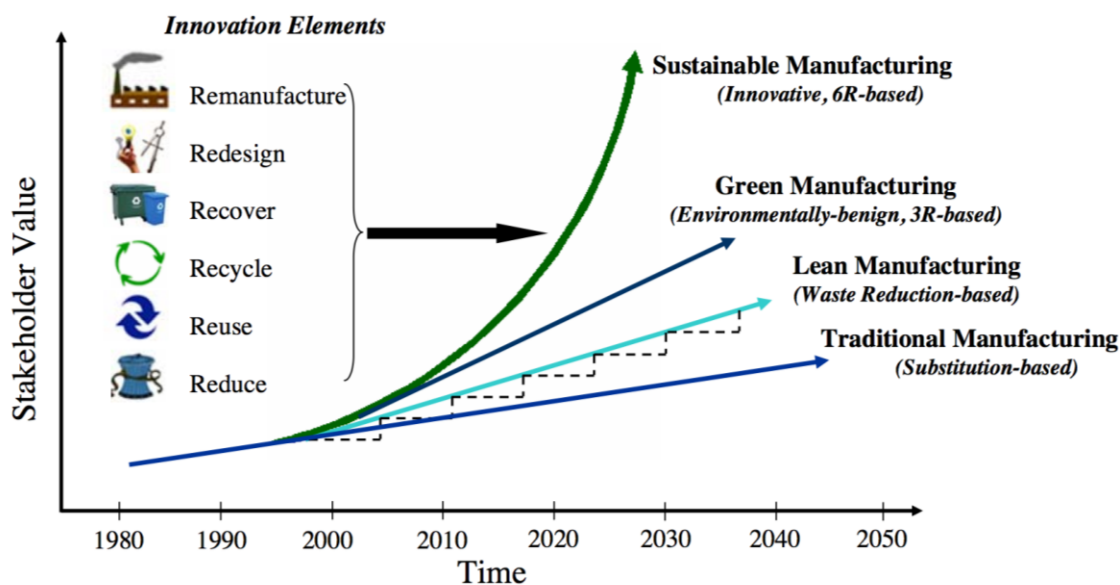
- **Re-duce** (smanji) - potrošnju materijala i energije kroz cijeli životni ciklus proizvoda
- **Re-manufacture** (ponovna proizvodnja) - proizvod treba odgovarati očekivanjima kupca kao i prvobitni
- **Re-use** (ponovno upotreba) - ispravnih dijelova
- **Re-cover** (obnoviti) - omogućiti što lakši popravak, kako bi se produžio vijek trajanja proizvoda
- **Re-cycle** (recikliraj) - odabiri materijale koje je jednostavno reciklirati, a proizvod izradi na način da bude što jednostavnija demontaža.
- **Re-design** (rekonstrukcija) - zamijeniti štetne komponente s ekološki prihvatljivima

¹⁴ Definicija prema standardima iz serije ISO 9001/14001



Slika 5.3. 6R koncept [22]

Slika 5.4. daje prikaz razvoja održive proizvodnje utjecajem dionika¹⁵ u vremenu. Pokazuje da će proširivanjem 3R¹⁶ koncepta na novi 6R koncepta uvelike pridonijeti razvoju održive proizvodnje kao novog, inovativnog načina. Te da u odnosu na zelenu, lean ili tradicionalnu proizvodnju ima veći uspjeh.



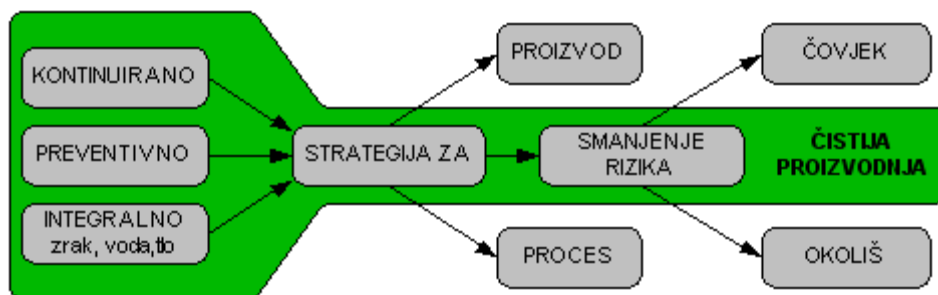
Slika 5.4. Prikaz ravoja održive proizvodnje s vremenom [22]

¹⁵ Dionici (engl. stakeholders) - pojedinci, zajednice, organizacije koje utječu ili na njih utječu aktivnosti poduzeća. Mogu biti interni (npr zaposlenici) ili eksterni (npr. potražaci, dobavljači, dioničari, lokalne zajednice). [23]

¹⁶ 3R koncept ubraja Reduce, Recycle i Reuse

5.3. Čistija proizvodnja

Čistija proizvodnja je svaka racionalizacija u proizvodnji ili štednja materijala u skladu sa sve strožim ekološkim, ali i moralnim zahtjevima koji se postavljaju pred ljude kao rezultat financijske i ekološke krize. Ona uključuje promjene u stavovima i upravljačkim praksama, primjenu dostupnih znanja i unaprjeđenje ili modifikaciju tehnologija. Orijentira se na proizvodni proces (efikasnije korištenje sirovina i energije, smanjenje štetnih emisija,...), na proizvod (smanjenje štetnog utjecaja kroz životni ciklus proizvoda od dizajna i upotrebe do konačnog odlaganja), i na usluge (smanjenje štetnog utjecaja kroz upravljanje uslugama koje proizvod pruža).



Slika 5.5. Preduvjeti za uvođenje čiste proizvodnje [24]

Što je najvažnije, više-manje sve promjene u pogledu tehnika i mjera koje se uvode u poslovanje prihvaćanjem koncepta čistije proizvodnje donose dvostruku korist: povećanom efikasnosti proizvodnje štede se sirovine i energija i tako se ostvaruje konkretna financijska ušteda što je u ova vremena i više nego prihvatljivo, a izbjegavanjem stvaranja otpada i sprečavanjem emisija doprinosi se zaštiti okoliša.

5.4. Eko - učinkovitost

Eko-efikasnost je također jedna od metoda razvijena s ciljem održive proizvodnje. Ona sve više postaje ključni uvjet za uspjeh u poslu. Svjetski poslovni savjet za održivi razvoj (WBCSD¹⁷) opisuje ekološku učinkovitost kao strategiju upravljanja "radi više s manje", što znači povećanje iskorištenosti ulaznih parametara u proizvodnju. U praksi, eko-učinkovitost se postiže kroz tri osnovna cilja:

- povećanje proizvoda ili vrijednosti usluga
- optimiziranje korištenja resursa
- smanjenje utjecaja na okoliš

Zbog mogućnosti ušteda povezanih sa svakim od navedenih ciljeva, korištenje ove metode predstavlja dobitka u poslovanju tvrtke. Eko - učinkovitost potiče produktivnost i inovacije i poboljšava performanse okoliša, što daje izrazitu konkurentsku prednost. Uz navedene prednosti ova metoda nudi niz praktičnih koristi za tvrtku, uključujući:

- **smanjene troškove** - kroz učinkovitije korištenje energije i materijala;
- **smanjeni rizik i odgovornost** - kod konstruiranja;
- **povećani prihodi** - razvojem inovativnih proizvoda i povećanjem udjela na tržištu;
- **bolji imidž** - kroz marketing i komunikacije;
- **povećana produktivnost i moral zaposlenika** - kroz usuglašavanje vrijednosti tvrtke s osobnim vrijednostima zaposlenika;

¹⁷ World Business Council for Sustainable Development (WBCSD)

- **poboljšane performanse na okoliš** - smanjenjem otrovnih emisija, te ponovnim korištenjem "otpadnog" materijala. [25]

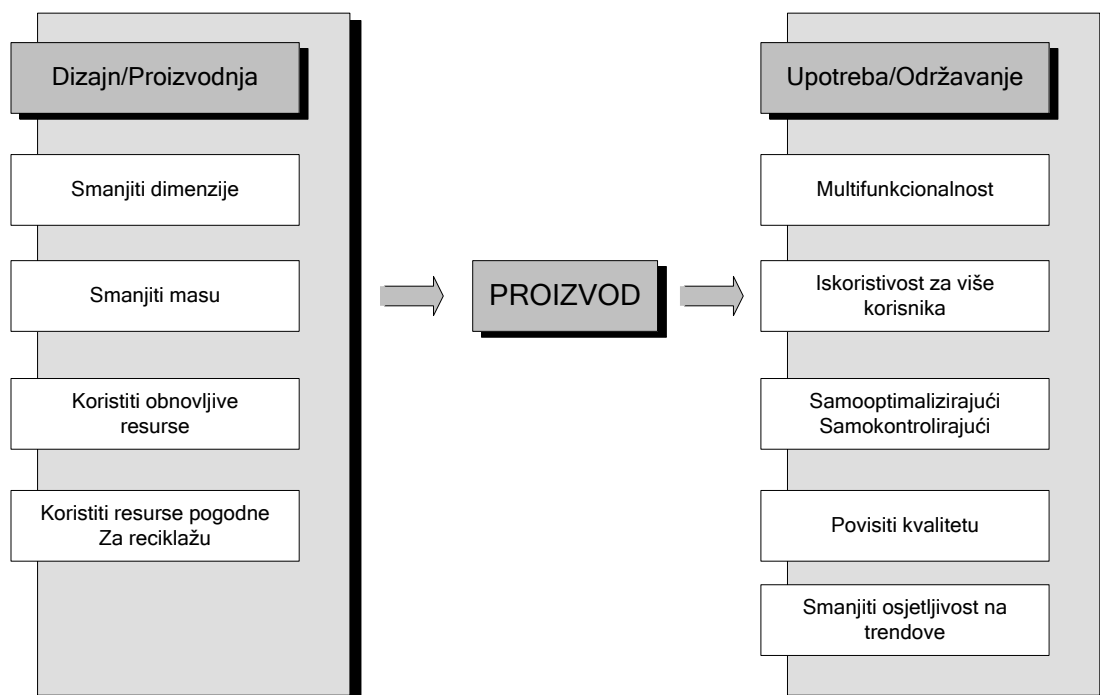
Teorijski, eko-efikasnost se može definirati kao omjer ekološke dobiti i troškova proizvodnje:

$$EE = \frac{\text{Ekološka dobit}}{\text{Troškovi (ECU / kg)}}$$

ECU = *Economic Unit* (bilo koja ekonomska jedinica)

Kao ekološka dobit može se definirati bilo koji parametar koji ima ekološki značaj, primjerice smanjenje količine štetnih tvari odloženih u okoliš.

Slika 5.6. prikazuje kriterije za stvaranje proizvoda prema konceptu ekološke učinkovitosti. Iz dane sheme vidljivo je da se dijeli na 2 osnovne skupine dizajn/proizvodnju, koji uključuju prije svega korištenje obnovljivih resursa, te upotrebu/održavanje koje je vezano za životni vijek proizvoda (multifunkcionalnost, iskoristivost, kvalitetu itd.).



Slika 5.6. Kriteriji za stvaranje proizvoda prema konceptu eko-efikasnosti [3]

6. Life Cycle Assessment (LCA)

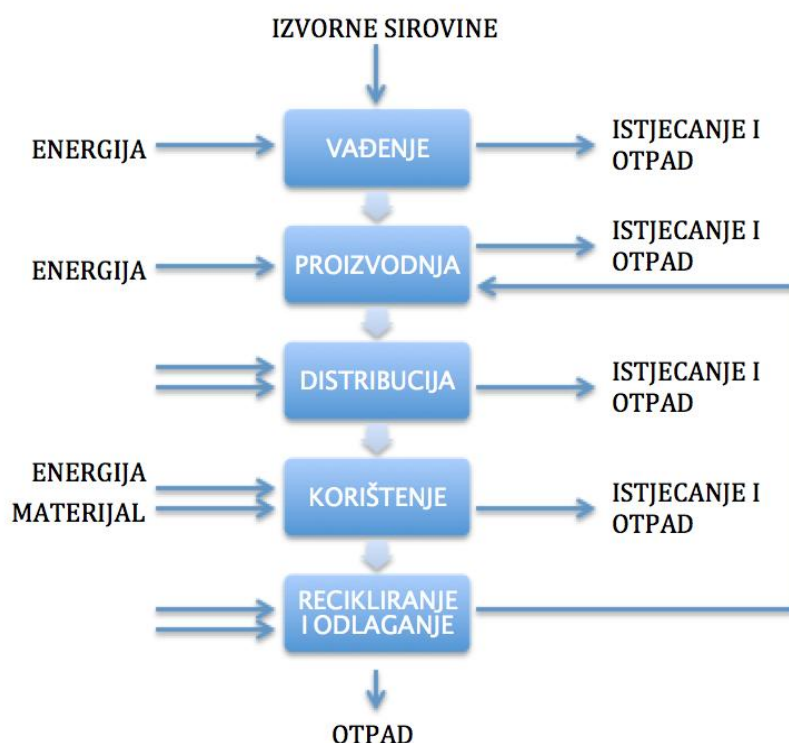
Porastom svijesti o zaštiti okoliša, razne industrije procijenjuju kako njihove aktivnosti na to utječu. Mnoga poduzeća su se iz tog razloga okrenula "zelenijim" procesima i proizvodima.

Industrijska ekologija izučava međudjelovanje različitih sustava kao i djelovanje između industrijskih i ekoloških sustava na lokalnim, regionalnim, državnim i globalnim razinama sustava. Smatra se potencijalnim "kišobranom" za različite strategije održivog razvoja kojima se služe pojedinci, poduzeća i vlade u smislu smanjenja industrijskih djelovanja na okoliš: smanjenje onečišćenja, minimiziranje otpada, umanjeње izvora, ekološko gospodarenje ukupnom kvalitetom i čista proizvodnja.

Neki od sistematskih alata koje tvrtke su: procjena ciklusa trajnosti proizvoda (LCA) zajedno s projektiranjem za ciklus trajnosti proizvoda (LCD) i projektiranjem za okoliš (DFE). [26]

6.1. Što je LCA? [26] [27]

Procjena životnog ciklusa proizvoda (LCA) je tehnika za utvrđivanje i procjenu ukupnog djelovanja na okoliš: izrade, korištenja i odlaganja proizvoda. To je alat za sustavno vrednovanje ekoloških aspekata proizvoda ili usluga sustava kroz sve faze njegovog životnog ciklusa.



Slika 6.1. Ciklus trajnosti proizvoda [26]

Procjena ciklusa trajnosti proizvoda naziva se još i pristup "od koljevkice do groba" ("*cradle-to-grave*"). Takav pristup započinje od samog uzimanja sirovine iz okoliša, proizvodnje,

distribucije, korištenja i na samom kraju vraćanja materijala nazad u okoliš. LCA procjenjuje sve stadije životnog vijeka proizvoda iz perspektive da su međuzavisni, što znači da jedna operacija vodi k drugoj (Slika 6.1.). Omogućava kumulativnu analizu utjecaja na okoliš koji dolaze od svih uključenih stadija. Kontrolnom matricom utvrđuju se stadiji procjene životnog ciklusa i vrste djelovanja na okoliš koje treba uzeti u obzir (Slika 6.2.). Često uključuje i utjecaje koji nisu uzeti u obzir u tradicionalnim analizama, kao što su primjerice izvlačenje sirovina, transport materijala itd. Upravo zbog uključivanja svih utjecaja, LCA nudi sveobuhvatan pogled na ekološke aspekte proizvoda ili procesa.

PODRUČJA ZAŠTITE OKOLIŠA ENVIRONMENTAL FIELDS	ŽIVOTNI CIKLUS PROIZVODA / PRODUCT LIFE CYCLE				
	PRED- PROIZVODNJA PRE- PRODUCTION	PROIZVODNJA PRODUCTION	DISTRIBUCIJA (UKLJ. PAKIRANJE) DISTRIBUTION (INCL. PACKAGING)	UPOTREBA UTILISATION	ODLAGANJE DISPOSAL
OTPAD WASTE RELEVANCE					
ONEČIŠĆENJE I DEGRADACIJA TLA SOIL POLLUTION AND DEGRADATION					
ZAGAĐENJE VODE WATER CONTAMINATION					
ZAGAĐENJE ZRAKA AIR CONTAMINATION					
UTROŠAK ENERGIJE CONSUMPTION OF ENERGY					
POTROŠNJA PRIRODNIH RESURSA CONSUMPTION OF NATURAL RESOURCES					
DJELOVANJE NA EKO- SUSTAVE EFFECTS ON ECO-SYSTEMS					

Slika 6.2. Kontrolna matrica ciklusa trajnosti proizvoda [26]

Konkretnije, LCA je tehnika za procjenu okolišnih aspekata i potencijalnih učinaka vezanih uz proizvod, proces ili usluga:

- sastavljanjem popisa relevantnih energetske i materijalne inputa i izlaza u okoliš
- vrednovanjem mogućih utjecaja na okoliš povezanih s identificiranjem ulaza i izlaza
- interpretiranjem rezultate da bi se mogla donijeti što bolja odluka

LCA je sistematičan proces u fazama koji se sastoji od 4 komponente (Slika 6.3.):

1. **Svrha i opseg** (*Goal and Scope Definition*)- definiranje proizvoda ili usluge koji će se ocjenjivati, definirati kontekst u kojem će se procijena raditi, odrediti granice i koji utjecaji će biti ispitani ovom procjenom;
2. **Faza popisivanja i analiziranja podataka** (*Inventory analysis*) - pregled energije i sirovina koje se koriste, ali i emisija u atmosferu, vodu i tlo;
3. **Određivanje utjecaja na okoliš** (*Impact assessment*) - procjena potencijalnih ljudskih i ekoloških učinaka na uporabu energije, vode i materijala, te izlazi u okoliš, definirani u prethodnom koraku;
4. **Interpretacija** (*Interpretation*) - vrednovanje rezultata iz prethodna dva koraka i utjecaj na odabir povoljnih proizvoda, procesa ili usluga koji će imati manji štetni utjecaj.



Slika 6.3. Faze LCA [28]

6.2. Kratka povijest LCA [25]

LCA ima svoje početke u 60tim godinama prošlog stoljeća u SAD-u. Zabrinutost zbog spoznaje o ograničenosti prirodnih izvora sirovina i energije potakla je interes za pronalaskom načina učinkovitog praćenja potrošnje, ali i predviđanja situacije u budućnosti. Među prvim analizama koje su rađene bila je ona za Coca Colu (1969.), u svrhu procjene ekološke prihvatljivosti različitih tipova ambalaže. Druge tvrtke i u SAD-u i u Europi provodile su slične analize. U to vrijeme, mnogi dostupni izvori bili su uzimani iz onih javno dostupnih kao što su vladini dokumenti, tehnički spisi, ali točni industrijski podaci nisu bili dostupni. Metoda kvantificiranja korištenih resursa (energije i materijala) i generiranje otpada, korištena u SAD-u, bila je poznata kao REPA¹⁸. U isto vrijeme u Europi se razvijala slična metoda zvana Ecobalance.

U periodu od 1970. do 1975. razvijeni su standardni protokoli, odnosno metodologije za provedbu analize. Provodili su se u više faza, a sadržavali su niz pretpostavki, koje će kasnije biti revidirane od strane EPA¹⁹ i predstavnika industrije, što će rezultirati evoluiranjem najkvalitetnijih postupaka.

Početkom 80 – tih, počinje rasti interes za procjenu utjecaja raznih proizvoda, procesa i usluga na okoliš, te se u nekim Europskim zemljama provode prve LCA analize. Također su se odnosile na ekološku prihvatljivost raznih tipova ambalaže. Problem koji se tada pojavio bio je vezan uz raznovrsnost baze podataka i metoda koje su se koristile. Rezultati su zbog toga bili teško usporedivi i uglavnom nisu zadovoljavali. Upravo zbog toga javlja se potreba za razvojem sistematičnijeg pristupa koji će imati jedinstvenu bazu podataka i jedinstvenu metodu procjene životnog ciklusa proizvoda.

Od kraja 80 – tih pa do danas, zbog sve veće zabrinutosti za okoliš, nezaustavljivo raste interes za LCA metodom, te nalazi primjenu u različitim područjima ljudskih djelatnosti (politika, proizvodnja, itd.).

Zabrinutost zbog nepravilne uporabe LCA metode, 1991. godine potaknulo je međunarodno udruženje za toksikologiju okoliša i kemiju (SETAC)²⁰ da osnuje

¹⁸ Environmental Profile Analysis

¹⁹ Environmental Protection Agency (Agencija za zaštitu okoliša vlade SAD-a)

²⁰ Society of Environmental Toxicology and Chemistry

međunarodni forum s ciljem stvaranja jedinstvene metodološke osnove za provedbu LCA analize. Na radionici u Sesimbri. 1993. godine, definirane su smjernica za provođenje LCA analize, koje su objavljene u izvještaju s tog skupa, pod nazivom: *"Guidelines for Life – Cycle Assessment: A Code of Practice"*.

Sve je to rezultiralo, 1997. godine, razvojem LCA standarda u okviru Internacionalne organizacije za normizaciju (ISO) serije 14000. LCA metoda se time promaknula u vrlo moćan alata za procjenu utjecaja na okoliš.

Zaduženi za Program Ujedinjenih naroda za okoliš (UNEP²¹) i SETAC pokrenuli su, 2002. godine, međunarodno partnerstvo, poznat kao LCI²², koji će omogućiti korisnicima diljem svijeta da razmišljanje o životnom ciklusu postane učinkovita praksa.

6.3. Faze proučavanja LCA

6.3.1. Definiranje svrhe i opsega LCA analize ("Goal and Scope Definition")

To je prva i najznačajnija faza kojom je definirana svrha uporabe analize i u svezi s tim opseg (širina i dubina) analize. U ovoj fazi potrebno je jednoznačno odrediti potrebne informacije, koliko točni moraju biti rezultati i kako se trebaju interpretirati i prikazati kako bi bili značajni i upotrebljivi.

Ova faza će odrediti potrebno vrijeme i potrebne resurse za provođenje LCA metode. Određena svrha i opseg bit će temelj cijelog procesa i osiguravaju da se dođe do značajnih rezultata, sve odluke donesene u ovoj fazi utječe i na slijedeće.

Kako bi se osigurala efektivna uporaba vremena i resursa, na početku LCA procesa potrebno je donijeti šest osnovnih odluka [27]:

1. Definirati svrhu projekta

LCA je alat za kvantificiranje ukupnog utjecaja proizvoda, procesa ili usluga na okoliš. Primarni cilj je izabrati najbolji proizvod, proces ili uslugu koja će imati najmanje štetnog utjecaja na čovjekovo zdravlje i okoliš. Upotreba LCA može također pomoći u razvoju novih proizvoda, procesa ili aktivnosti sa smanjenom potrošnjom energije i prirodnih resursa, te smanjenom emisijom.

Svrha mora jednoznačno izražavati [29]:

- a) pretpostavljenu primjenu
 - dizajn proizvoda
 - poboljšavanje proizvoda
 - izmjena tehnologije
 - strateško planiranje
 - stvaranje politike i odnose s javnošću
 - marketing
- b) razloge za izradu studije

²¹ The United Nations Environment Programme

²² Life Cycle Initiative

- c) ciljane skupine za koje se provodi analiza

2. Odlučiti koje vrste informacija su potrebne za donošenje odluke

LCA može pomoći odgovoriti na mnoga važna pitanja. Identificiranje pitanja koja će pomoći u donošenju odluke za definiranje parametara koji se gledaju. Neki od primjera su:

- Koji proizvodi ili procesi imaju najmanje utjecaja na okoliš ukupno gledajući ili u pojedinoj fazi životnog vijeka?
- Kako će promijene trenutnih proizvoda/procesa utjecati na okoliš kroz sve faze životnog vijeka?
- Koja tehnologija ili proces uzrokuje najmanju količinu kiselih kiša, nastajanja smoga, ili oštećenja drveća?
- Kako se može promijeniti proces kako bi se smanjio negativan utjecaj na okoliš (npr. globalno zatopljenje)?

Nakon što su postavljena odgovarajuća pitanja, važno je odabrati tipove informacija koje su potrebne za odgovoriti na njih.

3. Odrediti zahtjevane specifičnosti

U svakom proučavanju, razina detalja mora biti određena. LCA je zamišljena kao set povezanih aktivnosti koje opisuju nastajanje, upotrebu i krajnje odlaganje proizvoda ili materijala. U svakoj fazi analitičar mora započeti s odgovaranjem na razna pitanja koja pomognu u odluci o razini do koje ispitivanja idu. Preporuča se da razina detalja bude jasno određena kako bi se lako mogli razumjeti krajnji rezultati.

4. Odrediti kako trebaju biti organizirani podaci i kako će biti prikazani rezultati

LCA praktičari definiraju kako se podaci trebaju biti organizirani kao *funkcionalne jedinice*, da prikladno opisuje funkcije proizvoda ili procesa koje se proučava. Pažljivo odabrana funkcionalna jedinica kod mjerenja i prikaza rezultata će poboljšati točnost studije i iskoristivosti rezultata.

Kada se upotrebljava LCA za usporedbu dva ili više proizvoda, baza usporedbe treba biti ekvivalent upotrebe tj. svaki sustav treba biti definiran tako da je jednaka količina proizvoda ili ekvivalentnih službi dostavljena potrošaču.

5. Definirati opseg proučavanja

Zadaća definicije opsega analize jest identificiranje predmeta analize, kao i definiranje granica koje će obuhvatiti sve ono što je bitno, odnosno ono što je definirano svrhom analize.

Neke od sastavnica koje je potrebno definirati u ovom koraku:

- Proizvodni sustav koji je predmet analize

Podrazumijeva sve procese kroz koje prolazi proizvod kroz svoj životni ciklus (Slika 6.1.).

- Određivanje granica sustava

Definiraju procese u koje ulazi promatrani proizvod, ali samo one koji će biti obuhvaćeni analizom. Izbor granice uvelike ovise o svrsi analize, namjeni, korisnicima, postavljenim pretpostavkama, raspoloživosti podataka, ograničenjima u troškovima, te kriterijima odluka o značajnosti određenih procesa. Izbor granice sustava je presudan za stupanj pouzdanosti rezultata analize. Definirani sustav se najčešće prikazuje pomoću dijagrama toka. Svaki korak u procesu mora biti predstavljen zasebno u dijagramu, uključujući proizvodne korake za pomoćne ulaze ili izlaze poput kemikalija i ambalaže.

- Tipovi utjecaja i metodika ocjene utjecaja

Gotovo je nemoguće odrediti koje će i koliki će utjecaj neki proizvod ili proces imati na okoliš. Stoga postoje iskustvene kategorije utjecaja na okoliš, koje su u uzročno-posljedičnoj vezi s ranijim fazama u životnom ciklusu proizvoda. Ovdje se također samo utvrđuje metodologija, tako da bude u skladu sa svrhom analize.

- Tipovi i izvori podatak

Podatci potrebni za provedbu LCA analize mogu biti prikupljeni u proizvodnim pogonima koji su povezani s proizvodnjom promatranog proizvoda ili mogu biti nabavljeni ili izračunati na neki drugi način. U praksi, podatci mogu biti mješavina izmjera, izračunatih ili procijenjenih veličina.

- Zahtjevi povezani s kvalitetom podataka

Moraju odgovarati definiranoj svrsi analize te bi trebali obuhvaćati slijedeće:

- Vremenski okviri - starost podataka, minimalno vrijeme prikupljanja podataka i sl.
- Geografski okviri - geografsko područje na kojem trebaju biti prikupljeni podatci kako bi se zadovoljila svrha analize.
- Tehnološki okviri - korištenje određene tehnologije ili kombinacije tehnologija
- Preciznost - po mogućnosti statistički obraditi podatke
- Kompletnost - npr. koji je postotak nekog protoka obuhvaćen mjerenjem
- Reprezentativnost - procjena koliko dobro zapravo prikupljeni podatci opisuju postojeće stanje
- Izvori podataka
- Pouzdanost - potrebno je navest jesu li podatci nastali na temelju nekog modela, pretpostavke i sl.

6. Odrediti osnovna pravila izvođenja

Kako bi se moglo ići na iduću fazu važno je definirati neke logističke procedure procesa:

- Dokumentiranje pretpostavki

Sve pretpostavke ili odluke donešene kroz cijeli projekt moraju biti priložene krajnjim rezultatima LCA projekta.

- Postupci osiguranja kvalitete proizvoda

Postupci osiguranja kvalitete su važni kako bi se osiguralo da su cilj i svrha obavljanja LCA ispunjeni na kraju projekta.

- Zahtjev za izvještavanjem

Jasno definiranje kako krajnji rezultati moraju biti pohranjeni i što točno mora biti uključeno u završni izvještaj pomaže osigurati da krajnji produkt ispuni određena očekivanja. Kada se daje izvještaj krajnjih rezultata, ili pojedine faze LCA, važno je da se detaljno opiše upotrebljena metodologija za analizu sa jasno definiranim granicama.

6.3.2. Faza popisivanja i analize podataka (*“Life cycle inventory analysis – LCI”*)

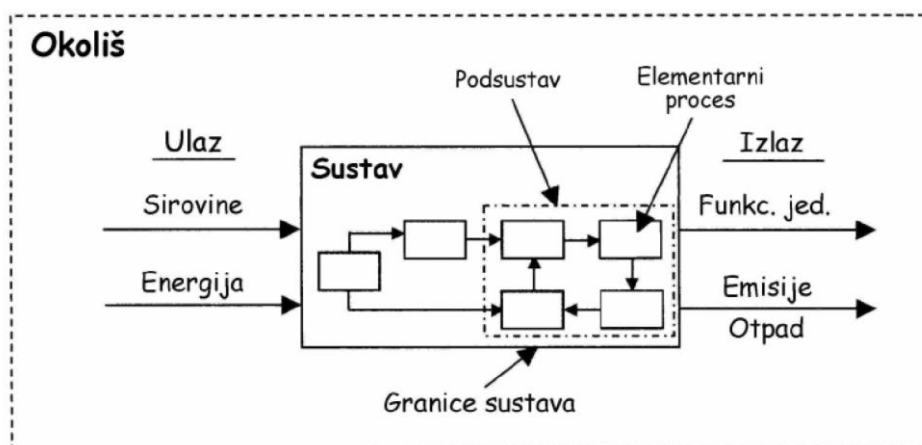
LCI je proces kvantificiranja zahtjeva za energijom i prirodnim sirovinama, emisija u atmosferu, emisija u vodu, krutog otpada, i ostalih važnih izlaza kroz cijeli životni vijek proizvoda, procesa ili aktivnosti. To je najobjektivnija faza LCA.

U ovoj fazi svi bitni podatci su prikupljeni i organizirani. Bez LCI ne postoji baza za procijenu utjecaja na okoliš i potencijalnih poboljšanja. [30]

Može se koristiti u različite svrhe. Može pomoći organizaciji u uspoređivanju proizvoda i procesa i uzimanju okolišnih faktora prilikom izbora materijala. Također, može se upotrijebiti u politici, kod izrade raznih zakona vezanih za okoliš.

Kao i druge faze definirana je svrhom i analizom opsega analize. LCI definira sustav kao skup materijalno ili energijski povezanih elementarnih procesa, koji imaju jednu ili više definiranih funkcija.

Sustav je podijeljen u više međusobno povezanih podsustava u dijagramu toka (Slika 6.4.). Dijagram toka služi za mapiranje ulaza i izlaza u proces ili sustav. Sustav ili granice sustava se razlikuju ovisno o LCA projektu. Svrha i opseg analize, definirani u prvoj fazi, određuju osnovne granice sustava upotrebljene u dijagramu toka. Unutar granica prikazan je sustav koji povezan čini cijeli životni vijek proizvoda.



Slika 6.4. Dijagram toka sustava s njegovim granicama [29]

Cilj je ove faze prikupiti sve ekološki relevantne podatke unutar definiranih granica sustava. To uključuje:

- Prikupljanje podataka i određivanje *jedinice procesa*²³
- Popis izmjena tvari i energije s okolišem unutar proizvodnog sustava ograničenog granicama sustava
- Prezentaciju podataka na transparentan način [3]

1. Prikupljanje podataka

Prikupljanje podataka je kompleksna aktivnost koja zahtjeva najviše vremena u cijeloj LCA analizi, što naravno ovisi o eventualnom postojanju prethodno napravljenim bazama podataka i dostupnim računalnim programima.

Važni elementi kod prikupljanja podataka uključuju sljedeće:

- Definiranje ciljeva kvalitete podataka

Pružaju okvir za balansiranje raspoloživog vremena i resursa u odnosu na kvalitetu podataka potrebnih za donošenje odluke o cjelokupnom utjecaju na okoliš i ljudsko zdravlje

- Identificiranje izvora podataka i vrsta

Za svaku fazu životnog ciklusa, jedinice procesa ili vrste izlaza, odrediti potreban izvor podataka i/ili zahtjevanu vrstu kako bi se osigurala dovoljna točnost i kvaliteta ciljeva proučavanja.

Izvori podataka načelno se dijele u četiri kategorije [3]:

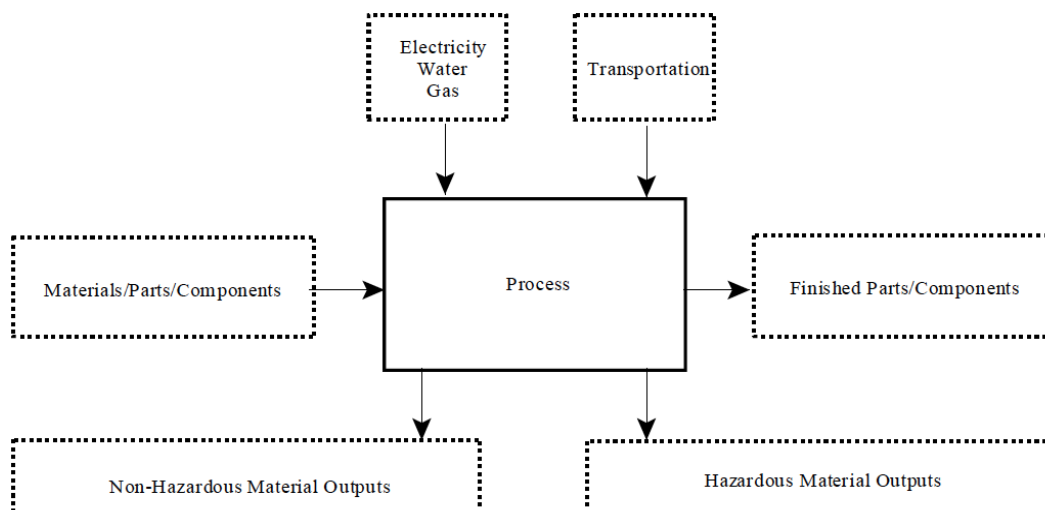
- **Elektronske baze podataka** - postoje brojne baze podataka, koje su najčešće sastavni dio računalnih programa za LCA analizu; baze podataka nastaju na temelju već provedenih analiza, te se preporuča njihovo korištenje (ukoliko postoje podatci unutar baze koji su kompatibilni s promatranim procesom) zbog uštede u vremenu i troškovima
- **Podatci iz literature** - na primjer, znanstveni radovi, postojeći LCA izvještaji i slično
- Podatci dobiveni od proizvođača, laboratorija i slično
- **Izmjereni i/ili izračunati podatci** - korištenje ove vrste podataka će dati najtočnije rezultate, ali zahtjeva najviše vremena i ulaganja

Ulazne podatke je relativno lako odrediti, to su uglavnom potrošnja energije i materijala, te ih je moguće pronaći u već postojećoj poslovnoj dokumentaciji. Međutim, izlazni podatci (kao što su emisije u zrak, vodu i zemlju) zahtijevaju puno više truda.

2. Izračun podataka

²³ Jedinica procesa je veza između proizvodnog procesa i izmjene tvari i energije s okolišem, tj., veličina o kojoj najviše ovisi izmjena. Npr., kod metalnih proizvoda to je najčešće masa, pa se izmjene izražavaju po kilogramu proizvoda. Kod kompleksnih postoji više različitih jedinica procesa. [3]

Svaki proces ima svoje ulazne i izlazne veličine (Slika 6.5.), a proizvodni sustav je suma pojedinih procesa. Često se podatci za pojedine procese koriste kako bi se došlo do ukupnih ulaznih veličina, kao što je potrošnje resursa, ili ukupnih izlaznih veličina primjerice emisije u zrak, vodu, zemlju, ili radnu okolinu. Taj proces možemo nazvati *sastavljanje*, a krajnje ulazne i izlazne veličine (koji presijecaju granice sustava) možemo nazvati *terminalnim izmjenama*. [30]



Slika 6.5. Shematski prikaz pojedinačnog procesa sa svojim ulazima i izlazima [27]

Od velike važnosti za razvoj proizvoda je da se pregledno prikaže doprinos pojedinih procesa u okolišnoj izmjeni tvari i energije, kako bi se što lakše identificirale kritične točke u životnom ciklusu proizvoda.

3. Alokacija²⁴

Alokacija predstavlja jedan od većih problema u LCA analizi. Postoje mnogi slučajevi kada ulazne veličine u neki proizvodni sustav potječu iz drugog proizvodnog sustava (ili više njih), kao i kad se izlazne veličine iz proizvodnog sustava nastavljaju u drugom proizvodnom sustavu (ili više njih). To znači da neki procesi spadaju u više proizvodnih sustava, te se utjecaj na okoliš tih procesa treba podijeliti između usluga koje pružaju proizvodi iz tih sustava. [30]

Načelno postoje dva načina na koji proces može doprinijeti nastanku više od jedne usluge [3]:

- U slučaju da više proizvoda nastaje iz istog procesa
- U slučaju uporabe materijala ili pod-sklopa proizvoda

Ovaj se problem rješava, prema normi ISO 14044, na slijedeća tri načina: [30]

- Kad god je to moguće, nastojati izbjeći alokaciju. Pokušati podijeliti sporne procese na više pod-procesa, ili prilagoditi granice sustava da se izbjegne alokacija.

²⁴ Pripisivanje pojedinih utjecaja na okoliš pojedinom procesu.

- Kada nije moguće izbjeći alokaciju, a proizvodi nastali iz zajedničkih procesa se mogu okarakterizirati istom funkcijskom jedinicom, utjecaj treba podijeliti u omjeru proizvedene funkcijske jedinice.
- Ako se proizvodi ne mogu okarakterizirati zajedničkom funkcijskom jedinicom, valja pronaći neku drugu osnovu za raspodjelu. Na primjer, osnova za raspodjelu može biti masa proizvoda ili ekonomska vrijednost,

6.3.3. Određivanje utjecaja na okoliš (*Life cycle impact assessment – LCIA*)

LCIA, treća faza LCA procesa, uključuje procijenu potencijalnih utjecaja na ljudsko zdravlje i okoliš na temelju podataka o potrošnji resursa i emisija u okoliš, dobivenih u prethodnoj fazi. Ova faza pokušava uspostaviti vezu između proizvoda ili procesa i njegovog potencijalnog utjecaja na okoliš. Primjerice, koji su utjecaji emisije 9000 tona ugljikovog dioksida ili 5000 tona metana u atmosferu? Što je gore? Koji su njihovi potencijalni utjecaji na nastanak smoga? Na globalno zatopljenje? Ključ svega je u stresorima²⁵. Primjerice, ako proizvod ili proces emitira stakleničke plinove, porast stakleničkih plinova u atmosferi može pridonijeti globalnom zatopljenju. LCIA daje sistematične postupak za klasificiranje i karakteriziranje takvih vrsta utjecaja na okoliš. [27]

Pomoću znanstveno utemeljenih čimbenike, LCIA može izračunati utjecaje svih oslobađanja u okoliš na probleme kao što su smog i globalno zatopljenje. Rezultati LCIA pokazuju razlike u potencijalnim utjecajima na okoliš pojedinih opcija.

Procedura provođenja LCIA provodi se kroz slijedećih sedam koraka [27]:

1. **Izbor i definiranje kategorija utjecaja** - identifikacija relevantnih kategorija utjecaja na okoliš (npr. globalno zatopljenje, zakiseljavanje tla i sl.)
2. **Klasifikacija** - pripisivanje rezultata iz faze LCI kategorijama utjecaja (npr. pripisivanje emisije ugljik-dioksida globalnom zatopljenju)
3. **Karakterizacija** - modeliranje podataka dobivenih u LCI fazi unutar kategorija utjecaja pomoću konverzijskih faktora (npr. određivanje kvantitativne vrijednosti potencijalnog utjecaja ugljik-dioksida na globalno zatopljenje)
4. **Normalizacija** - izražavanje potencijalnih utjecaja na način da se mogu uspoređivati (npr. usporedba potencijalnog utjecaja na globalno zatopljenje ugljik-dioksida i metana.)
5. **Grupiranje** - sortiranje utjecaja na okoliš (npr. sortiranje utjecaja na geografskoj osnovi: lokalno, regionalno ili globalno)
6. **Ocjenjivanje** - određivanje najznačajnijih potencijalnih utjecaja na okoliš
7. **Elaboriranje rezultata** LCIA faze

²⁵ Stresor se može definirati kao događaj ili niz događaja za koje procjenjujemo da remete (izmijene) uobičajeni, svakodnevni tijek.

Prema normi ISO 14042, prva tri koraka su obavezna prilikom provođenja LCIA, dok su ostali izborni, te njihovo provođenje ovisi o definiciji svrhe i opsega analize.

1. Izbor i definiranje kategorija utjecaja na okoliš

Prvi korak u sklopu LCIA faze jest odabir kategorija utjecaja na okoliš, koje će biti promatrane kao dio ukupne LCA analize. Ovaj korak bi se trebao napraviti kao dio prve faze analize (definiranjem svrhe i opsega analize), kako bi se olakšala faza prikupljanja podataka. Za LCIA, utjecaji su definirani kao negativne posljedice uzrokovane ulaznim i izlaznim tokovima sustava na ljudsko zdravlje, biljke, životinje, ali i na dostupnost prirodnih resursa u budućnosti. Tako se utjecaji mogu podijeliti u tri kategorije: ljudsko zdravlje, zdravlje eko-sustava i osiromašenje izvora resursa (Slika 6.6.). [27]

Exhibit 4-1. Commonly Used Life Cycle Impact Categories

Impact Category	Scale	Examples of LCI Data (i.e. classification)	Common Possible Characterization Factor	Description of Characterization Factor
Global Warming	Global	Carbon Dioxide (CO ₂) Nitrogen Dioxide (NO ₂) Methane (CH ₄) Chlorofluorocarbons (CFCs) Hydrochlorofluorocarbons (HCFCs) Methyl Bromide (CH ₃ Br)	Global Warming Potential	Converts LCI data to carbon dioxide (CO ₂) equivalents Note: global warming potentials can be 50, 100, or 500 year potentials.
Stratospheric Ozone Depletion	Global	Chlorofluorocarbons (CFCs) Hydrochlorofluorocarbons (HCFCs) Halons Methyl Bromide (CH ₃ Br)	Ozone Depleting Potential	Converts LCI data to trichlorofluoromethane (CFC-11) equivalents.
Acidification	Regional Local	Sulfur Oxides (SO _x) Nitrogen Oxides (NO _x) Hydrochloric Acid (HCL) Hydrofluoric Acid (HF) Ammonia (NH ₄)	Acidification Potential	Converts LCI data to hydrogen (H ⁺) ion equivalents.
Eutrophication	Local	Phosphate (PO ₄) Nitrogen Oxide (NO) Nitrogen Dioxide (NO ₂) Nitrates Ammonia (NH ₄)	Eutrophication Potential	Converts LCI data to phosphate (PO ₄) equivalents.
Photochemical Smog	Local	Non-methane hydrocarbon (NMHC)	Photochemical Oxidant Creation Potential	Converts LCI data to ethane (C ₂ H ₆) equivalents.
Terrestrial Toxicity	Local	Toxic chemicals with a reported lethal concentration to rodents	LC ₅₀	Converts LC ₅₀ data to equivalents; uses multi-media modeling, exposure pathways.
Aquatic Toxicity	Local	Toxic chemicals with a reported lethal concentration to fish	LC ₅₀	Converts LC ₅₀ data to equivalents; uses multi-media modeling, exposure pathways.
Human Health	Global Regional Local	Total releases to air, water, and soil.	LC ₅₀	Converts LC ₅₀ data to equivalents; uses multi-media modeling, exposure pathways.
Resource Depletion	Global Regional Local	Quantity of minerals used Quantity of fossil fuels used	Resource Depletion Potential	Converts LCI data to a ratio of quantity of resource used versus quantity of resource left in reserve.
Land Use	Global Regional Local	Quantity disposed of in a landfill or other land modifications	Land Availability	Converts mass of solid waste into volume using an estimated density.
Water Use	Regional Local	Water used or consumed	Water Shortage Potential	Converts LCI data to a ratio of quantity of water used versus quantity of resource left in reserve.

Slika 6.6. Upotrebljavane LCIA kategorije utjecaja [27]

2. Klasifikacija

Svrha klasifikacije je organiziranje i eventualno kombiniranje rezultata dobivenih u fazi popisivanja i analize podataka u prethodno definirane kategorije. Naravno, jedna veličina se može svrstati u više kategorija utjecaja. Za one veličine koje doprinose samo jednoj kategoriji utjecaja, postupak je jednostavan. Primjerice, emisije ugljikovog dioksida mogu biti svrstane u kategoriju globalnog zatopljenja. Međutim, u slučaju da jedna veličina doprinosi dvama ili više kategorija, potrebno je ustanoviti pravilo za klasifikaciju. Prema normi ISO 14042, dva su načina:

- Podijeliti veličinu dobivenu u LCI fazi na reprezentativne dijelove, te zatim dijelove svrstati u kategorije utjecaja. To se prakticira u slučaju da su kategorije utjecaja u međusobnoj ovisnosti.
- Cjelokupne veličine svrstati u sve kategorije na koje imaju utjecaj. To se prakticira u slučaju da kategorije utjecaja nisu u međusobnoj ovisnosti.

Na primjer, dušikov-dioksid negativno utječe na stvaranje ozona, ali i na zakiseljavanje tla. Kako te dvije pojave nisu u međusobnoj ovisnosti, potrebno je čitavu količinu dušikovog-dioksida svrstati u obje kategorije. [27]

3. Karakterizacija

U karakterizaciji utjecaja koriste se konverzijski faktori, odnosno faktori karakterizacije, koji su nastali na temelju znanstvenih analiza. Ti faktori služe kako bi se veličine dobivene u LCI fazi analize prevele u reprezentativne *indikatore utjecaja* na zdravlje ljudi i ekosustava. Dakle, karakterizacija se koristi kako bi se različite veličine prevele u indikatore utjecaja. Na primjer, karakterizacija može omogućiti procjenu relativnih utjecaja na zagađenje tla emisijom različitih količina olova, kroma i cinka.

Indikatori utjecaja (ponekad se koristi i naziv *potencijali utjecaja*) mogu se okarakterizirati slijedećom jednadžbom:

$$\Sigma \text{ Količine tvari} \times \text{Karakterizacijski faktor} = \Sigma \text{ Indikatora utjecaja}$$

Karakterizacija stavlja različite količine tvari u isto mjerilo, što omogućuje određivanje utjecaja koji svaka od njih ima na neku kategoriju utjecaja. Tako, na primjer, proračuni prikazuju da 10 kilograma metana ima veći utjecaj na globalno zatopljenje od 20 kilograma kloroforma.

Karakterizacijske faktore treba koristiti s oprezom, jer za neke kategorije utjecaja još nisu konvencionalno definirani, te se obavezno mora navesti njihov izvor kako bi se osiguralo da se odnose na svrhu i opseg proučavanja. Primjerice, mnogi karakterizacijski faktori su bazirani na studijama iz Europe, i iz tog razloga se moraju provjeriti prije nego se upotrijebe u SAD-u. [27]

4. Normalizacija

Ovaj korak služi kako bi se indikatori utjecaja mogli uspoređivati unutar kategorija utjecaja. Svrha je izračunati do kojeg nivoa određena kategorija ima utjecaj na ukupno opterećenje okoliša (kategorije s vrlo malim utjecajem na okoliš mogu se izostaviti). [27] Normalizacija se vrši na način da se dobiveni indikatori utjecaja podijele sa odabranom referentnom vrijednošću. Najčešće referentne vrijednosti su [29]:

- ukupna emisija pojedine kategorije u određenoj regiji (lokalna, regionalna, nacionalna ili globalna) tijekom određenog perioda (npr. 1 godina)
- ukupna emisija pojedine kategorije u određenoj regiji po glavi stanovnika

Važno je napomenuti da se normalizirani podatci ne mogu uspoređivati sa podacima iz druge kategorije utjecaja.

5. Grupiranje

U ovom koraku se grupira više kategorija utjecaja s ciljem što bolje interpretacije rezultata analize, koji te tiču nekog interesnog područja. Prema normi ISO 14042 grupiranje se vrši na slijedeća dva načina [27]:

- Sortiranje indikatora utjecaja prema karakteristikama kao što su emisija (u vodu, zrak ili zemlju), i geografski utjecaj (lokalni, regionalni, globalni)
- Sortiranje indikatora prema prioritetu. Prioriteti se odabiru na temelju definicije svrhe i opsega LCA analize.

6. Ocjenjivanje

U ovom koraku pripisuju se relativne vrijednosti različitim kategorijama utjecaja na temelju njihovih procijenjenih važnosti. Ocjenjivanje je važno jer kategorije utjecaja također odražavaju svrhu studije i vrijednosti dionika. Naime, štetne emisije u atmosferu mogu biti od većeg značaja u području gdje je zrak već prilično onečišćen, nego u području gdje je veća kvaliteta zraka. Kako ocjenjivanje nije egzaktn proces, vrlo je važno jasno elaborirati kriterije prema kojima je provedeno ocjenjivanje. [27]

Ocjenjivanje uključuje iduće aktivnosti:

- Identificiranje osnovnih vrijednosti dionika
- Utvrđivanje utega na utjecaje
- Primjenom utega utjecati na pokazatelje

Postoji nekoliko problema kod ocjenjivanja:

- Subjektivnost - prema ISO 14042 svaka prosudba o preferencijama je subjektivna odluka o relativnoj važnosti jednog utjecaja kategorije nad drugu
- Kako bi korisnici trebali pravedno i dosljedno donijeti odluku temeljenu na okolišnim preferencijama, subjektivnom prirodom ili ocjenjivanjem? - proizlazi iz prvog problema

7. Elaboriranje rezultata

Kada su poznati svi rezultati faze određivanja utjecaja na okoliš (LCIA), potrebno je provjeriti njihovu točnost, koja mora zadovoljiti definiciju svrhe analize. Prilikom elaboriranja rezultata, potrebno je detaljno opisati metodologiju korištenu prilikom analize, kao i analizirani sustav, postavljene granice sustava, te sve pretpostavke postavljene u analizi. [27]

6.3.4. Interpretacija ("Life cycle interpretation")

Interpretacija je posljednja faza LCA procesa. To je sistematična tehnika koja uključuje skup metoda za identificiranje, kvantificiranje, provjeravanje i ocjenjivanje informacija dobivenih u prethodne dvije faze (LCI i LCIA). Iz svih dobivenih informacija potrebno je generirati kvalitetne zaključke. [27]

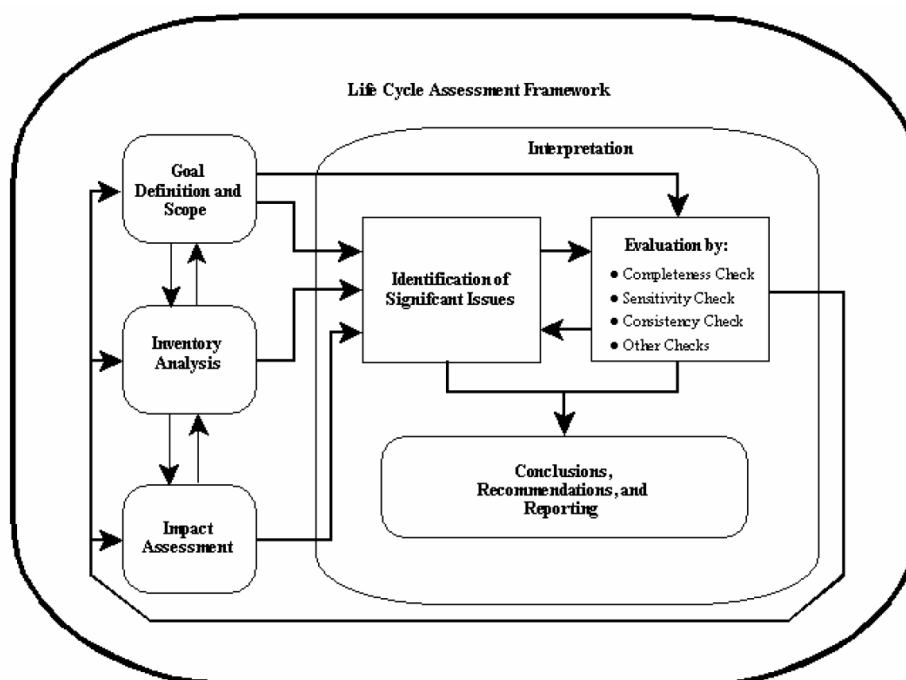
Prema normi ISO 14043, faza interpretacije se fokusira na slijedeće [27]:

- Analiza rezultata, donošenje zaključaka, objašnjenje ograničenja, donošenje preporuka aktivnosti na temelju provedene analize, izvještavanje o rezultatima interpretacije rezultata na transparentan način;
- Jasna, kompletna i konzistentna prezentacija kompletne LCA analize, u skladu sa definicijom svrhe i opsega analize.

Interpretacija rezultata LCA analize najčešće nije jednostavna na način da se može reći kako je jedna opcija bolja od druge. U nekim slučajevima čak nije moguće odrediti koja alternativa je bolja zbog nepouzdanosti krajnjih rezultata, ili iz nekog drugog razloga. Međutim, to ne znači da je analiza provedena uzalud. Provedena LCA analiza će ipak dati detaljan uvid u utjecaj na okoliš svakog od alternativnih rješenja, što je već velik korak prema poboljšanju postojećeg stanja.

Prema normi ISO 14043, faza interpretacije se sastoji od slijedeća tri koraka, koji se neće detaljno opisivati u okviru ovog rada (Slika 6.7.):

1. Identifikacija ključnih pitanja na temelju rezultata iz faza LCI i LCIA - ponavljanje informacija iz prve tri faze sa svrhom otkrivanja elementarnih podataka koji najviše doprinose rezultatima LCI i LCIA za svaki proizvod, proces ili uslugu
2. Procjena rezultata koja uključuje kompletnost, osjetljivost i dosljednost
3. Zaključci, preporuke i izvještaji.



Slika 6.7. Odnos tumačenja koraka s drugim fazama LCA [27]

6.4. Primjena LCA metode [26]

Procjena životnog ciklusa mogu se koristiti kao unutar organizacije tako i izvan nje (od strane javnog i privatnog sektora).

Interno, LCA se može koristiti da bi se ustanovilo sveobuhvatno temeljno polazište (tj. zahtjevi) kojima timovi za razvoj proizvoda moraju udovoljiti, utvrdilo najznačajnija djelovanja životnog ciklusa proizvoda, te rukovodilo usavršavanjem novih proizvodnih sustava u cilju neto smanjenja potreba za resursima i istjecanja iz proizvodnog sustava u cjelini. LCA je instrument koji može bilo mjeriti ekološku djelotvornost proizvoda tijekom njihovog životnog ciklusa ili pomoći u poboljšanju ekološke djelotvornosti.

Eksterno, LCA se može koristiti za usporedbu ekoloških svojstava alternativnih proizvoda, postupaka, materijala ili aktivnosti i za podršku marketinškim zahtjevima. LCA može također biti podrška određenoj politici u javnosti i programima eko-etiketa.

6.5. Ograničenja LCA metode

Dodavanje LCA u proces odlučivanja doprinosi razumijevanju ljudskog zdravlja i utjecaja na okoliš koji uobičajeno nisu uzimani u obzir prilikom odabira proizvoda ili procesa. Iako je LCA metoda trenutno jedan od najznačajnijih alata unutar industrijske ekologije, postoje brojna ograničenja i nedostaci u njoj primjeni. U nastavku je dan popis nekih od nedostataka [3]:

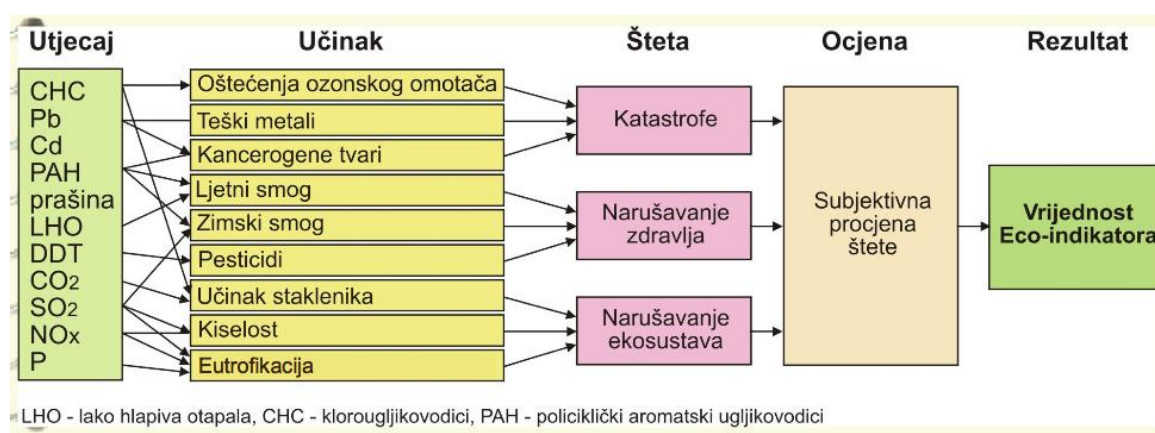
- Troškovi provođenja LCA analize mogu biti preveliki, pogotovo za manja poduzeća,
- Vrijeme potrebno za analizu često premašuje ukupno vrijeme razvoja proizvoda,
- Često je problematično ili čak nemoguće odrediti funkcijsku jedinicu prilikom usporedbe više konstrukcijskih rješenja,
- Alokacijske procedure nisu egzaktne, stoga nose sustavne greške, što će se odraziti na ukupan rezultat analize,
- Za analizu kompleksnih proizvoda (na primjer automobila) potrebno je mnogo resursa (vremena, radnih sati,...),
- Dostupnost podataka je često ograničena,
- Podatci često nisu zadovoljavajuće kvalitete,
- Još uvijek ne postoje usuglašeni karakterizacijski faktori za sve vrste utjecaja na okoliš,
- Odgovorne osobe (osobe koje donose odluke) često ne posjeduju dovoljno stručnog znanja iz područja ekologije, da bi donijele kvalitetne odluke na temelju provedene analize,
- LCA je alat za bolje informiranje odgovornih osoba i trebala bi uključivati i druge kriterije, kao što su cijene i značajke, kako bi se mogla donijeti što bolja odluka.

7. LCA računalne aplikacije

Postoji veliki broj različitih softvera za provođenje LCA analize, a neki od njih bit će i objašnjeni u ovom poglavlju.

7.1. ECO-it (Eco-Indicator²⁶)

ECO-it ili Eco-indicator je računalna aplikacija koja pruža usluge iz područja održivog razvoja, proizvedena u nizozemskoj tvrtci PRé Consultants. Aplikacija omogućava brzu analizu kompleksnih proizvodnih sustava. Radi se o *eko pokazateljima*, pojedinačnim rezultatima, koji prikazuju koji dijelovi životnog ciklusa proizvoda imaju najveći utjecaj na eko-sustav i ljudsko zdravlje. Te informacije se mogu iskoristiti za značajno ekološko unapređenje proizvoda. Što je veći rezultat to je ozbiljniji utjecaj. Na slici 7.1 nalazi se grafički prikaz određivanja vrijednosti eko pokazatelja.



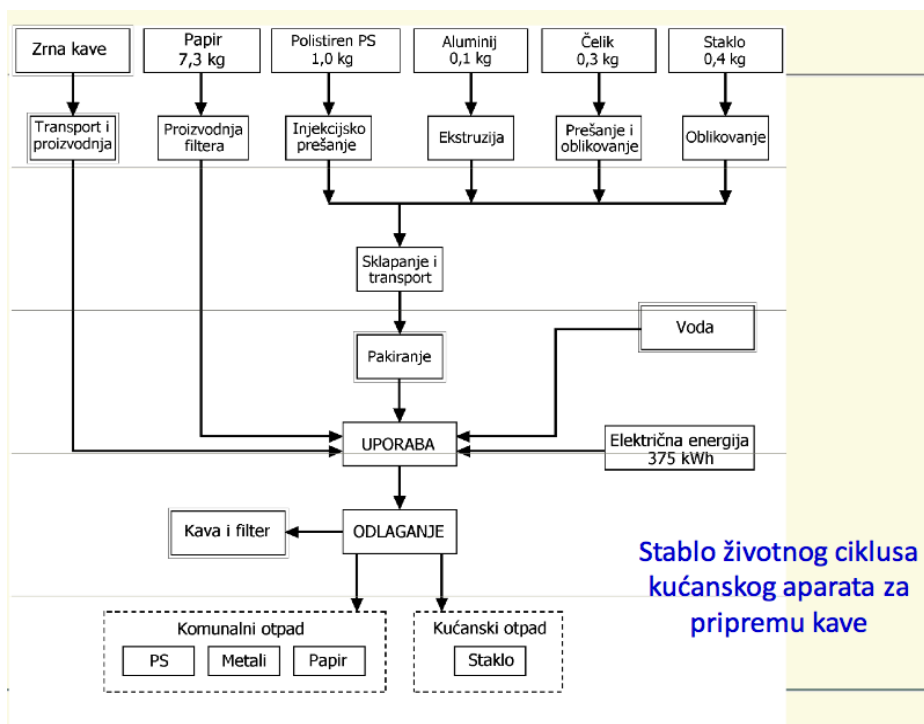
Slika 7.1. Pojednostavljeni prikaz određivanja eko pokazatelja [31]

ECO-it je namijenjen kao potpora konstruktorima proizvoda i pakiranja. Za rad sa ovom aplikacijom nije potrebno opsežno ekološko znanje, te je jednostavna za uporabu.

Struktura programa je jednostavna. Postoji glavni prozor s četiri stranice [32]:

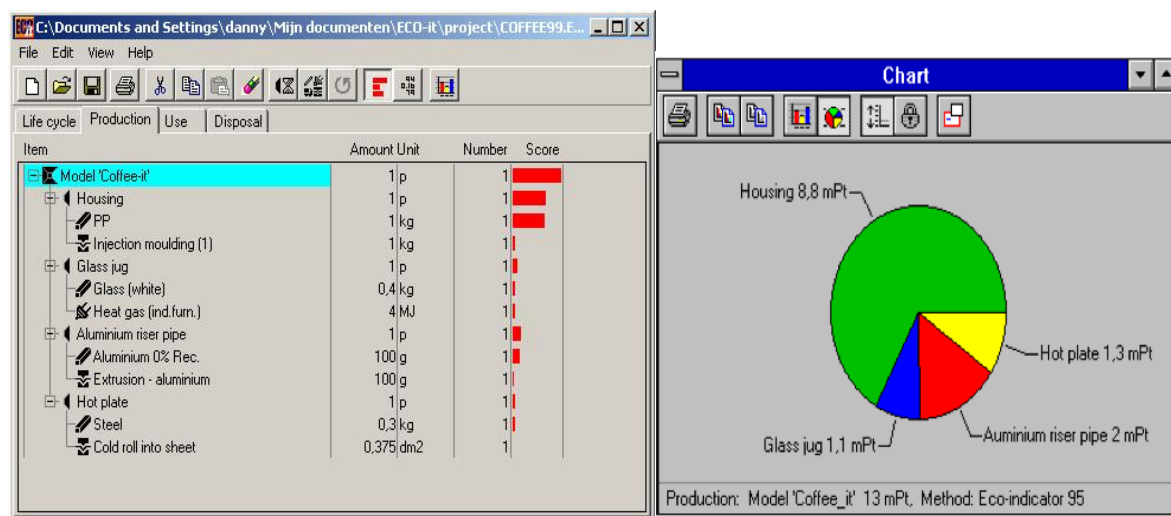
1. **Životni vijek sustava** - omogućuje opisati životni ciklus proizvoda koji se ispituje (slika 7.2.)
2. **Proizvodnja** - može se unijeti hijerarhija proizvoda, te odrediti materijali i proizvodni procesi po dijelovima. Ovi materijali i postupci su izabrani iz dijaloškog okvira procesa. Baza sadrži vrijednosti procesa materijala, energije i transporta
3. **Uporaba** - može se unijeti komponente energije i transporta. Jedinstvena značajka je dodatni životni ciklus. To omogućava povezivanje unaprijed definiranih proizvoda poput ambalaže, s vlastitim životnim ciklusom, u fazi korištenja
4. **Odlaganje** - može se navesti scenarij otpada za proizvod ili za različite dijelove i materijale.

²⁶ Eko pokazatelj



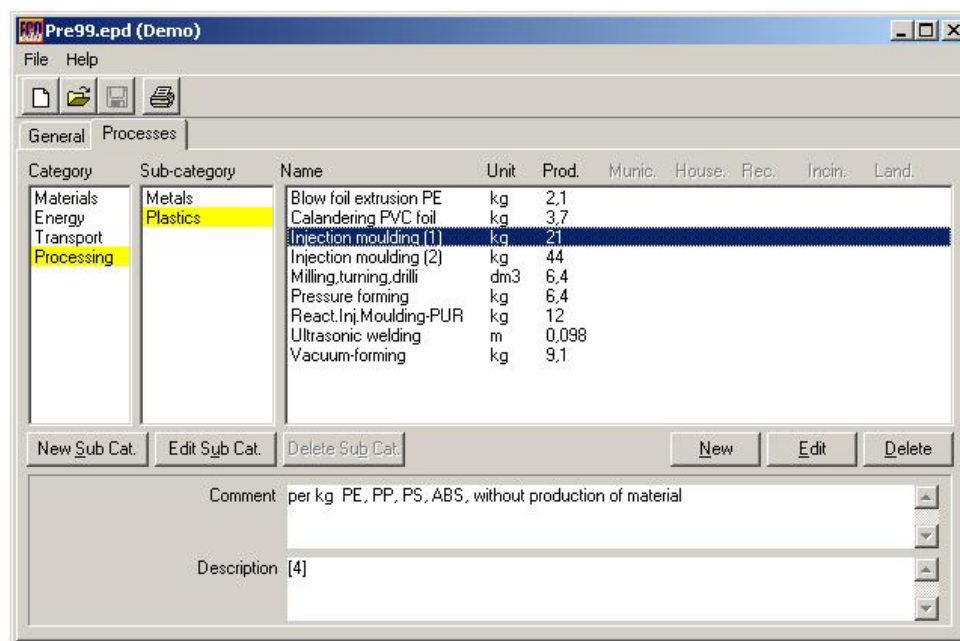
Slika 7.2. Stablo životnog ciklusa kućanskog aparata za kavu [31]

Nakon što se unesu podatci, dobiva se neposredna povratna informacija o opterećenju okoliša. Opterećenje se prikazuje kao crvena (pozitivna vrijednost) ili žuta (negativna vrijednost) crta na svakoj liniji. Drugi način prikaza može biti pomoću grafikona (Slika 7.3.).



Slika 7.3. Prikaz rezultata analize u ECO-it računalnoj aplikaciji [32]

ECO-it koristi bazu podataka, razvijena je u surdnji tvrtke PRé Consultants, industrije i Sveučilišta iz Amsterdama, Leidena i Delfta. Sastoji se od više od 200 eko-indikatora za najčešće korištene materijale (metale, polimere, papir, drvo, staklo itd.), kao i najčešće procese u proizvodnji, transportu, dobavi energije i obradi otpada. Isto tako postoji mogućnost izmjene baze podataka ili stvaranja vlastite baze s Eco-edit softverom.



Slika 7.4. Primjer pretraživanja baze podataka u ECO-it [32]

7.2. SimaPro

SimaPro je također proizvod tvrtke PRé Consultants, ali je znatno napredniji od ECO-it. To je najkorišteniji LCA softver, s korisnicima u industriji i konzultantskim i istraživačkim institutima u više od 80 zemalja svijeta. Nudi standardizaciju, kao i krajnju fleksibilnost. Ima jedinstvene značajke kao što su programirano modeliranje i interaktivna analiza rezultata. SimaPro pruža profesionalan, "all in one" alat za upravljanje životnim ciklusom. Namijenjen je prvenstveno za veće sustave, a služi za prikupljanje, analizu i praćenje utjecaja na okoliš proizvoda i usluga.

SimaPro može rasti s povećanjem važnosti LCA u nekoj organizaciji. Nude se i stručne i obrazovne verzije [33].

- Stručne verzije:
 - **SimaPro Compact** - jednostavna za uporabu te je pogodna za upoznavanje sa aplikacijom
 - **SimaPro Analyst** - za detaljne LCA studije, za uporabu od strane LCA eksperata. Uz dodatne mogućnosti (kao što su analiza scenarija i Monte Carlo analiza), u odnosu na "*Compact*" verziju, glavna značajka joj je fleksibilnost
 - **SimaPro Developer** - pogodna je za korištenje od strane konzultanata i LCA eksperata, u slučaju kada je potrebno razviti specijalno prilagođeni alat za točno specificirane potrebe proizvodnje, što omogućuju direktne Excel/ASP veze²⁷ kojima je ova verzija nadograđena u odnosu na "*Analyst*" verziju.

Sve tri navedene verzije sadrže veći broj baza sa podacima koji ih sadrže [33]:

- **Ecoinvent v2**

Fokus: Baza podataka opće namjene s više od 4000 industrijskih procesa. Podaci su uključeni kao jedinice procesa i izračunatih rezultata (sustava). Podatci su dostupni u

²⁷ Excel/ASP veze omogućuju neposredno unošenje podataka iz baza kojima tvrtka raspolaže.

raznim sektorima kao što su: energija, prijevoz, kemikalije, gospodarenje otpadom, poljoprivreda itd.

- **US Input Output**

Fokus: ulazno-izlazne baze podataka o 481 sektoru američkog gospodarstva.

- **US-EI (Američki LCI)**

Fokus: Premostiti trenutni jaz u američkoj LCI bazi podataka i primijeniti američke električne uvjete na ecoinvent bazu podataka.

- **Danish Input Output**

Fokus: ulazno-izlazne baze podataka primijenjene na danskoj ekonomiji

- **Dutch Input Output**

Fokus: ulazno-izlazne baze podataka primijenjene na nizozemskoj ekonomiji, za uporabu na vlastitim ili hibridnim LCA studijama

- **LCA food**

Fokus: ekološki podatci o 500 prehrambenih proizvoda i procesa u različitim fazama proizvodnih lanaca u Danskoj. Ona također uključuje i LCA Wizards koji će pomoći analizirati podatke.

- **Industry data**

Fokus: podatci inventara od industrijskih udruženja. Uglavnom podatci "od kolijevke do vrata" (*"Cradel to Gate"*).

- **IVAM**

Fokus: Materijali, transport, energija i tretiranje otpada. Većinom fokusirana na nizozemske podatke.

Isto tako obuhvaćaju i najznačajnije metode za procjenu utjecaja na okoliš [33]:

- Eco-indicator 99
- Eco-indicator 95
- CML 92
- CML 2001
- EDIP/UMIP (*Environmental Priority of Industrial Products*)
- EDIP 2003
- EDIP 2000
- EPD 2007 (*Environmental Product Declarations*)
- Ecopoints 97
- Impact 2002+
- TRACI (*The tool for the Reduction and Assessment of Chemical and other environmental Impacts*)
- CED (Cumulative Energy Demand)
- IPCC Greenhouse gas emissions
- IPCC2007
- Ecological Footprint itd.
- Obrazovne verzije:
 - Verzija za učionice (Classroom version)

- Licenca za fakultete
- Napredna PhD verzija

Obrazovne verzije mogu se koristiti samo za nastavne svrhe i ne mogu se koristiti u komercijalne aktivnosti, uključujući i plaćena istraživanja.

Glavne značajke (dostupnost ovisi o izabranoj SimaPro verziji) uključuju [33]:

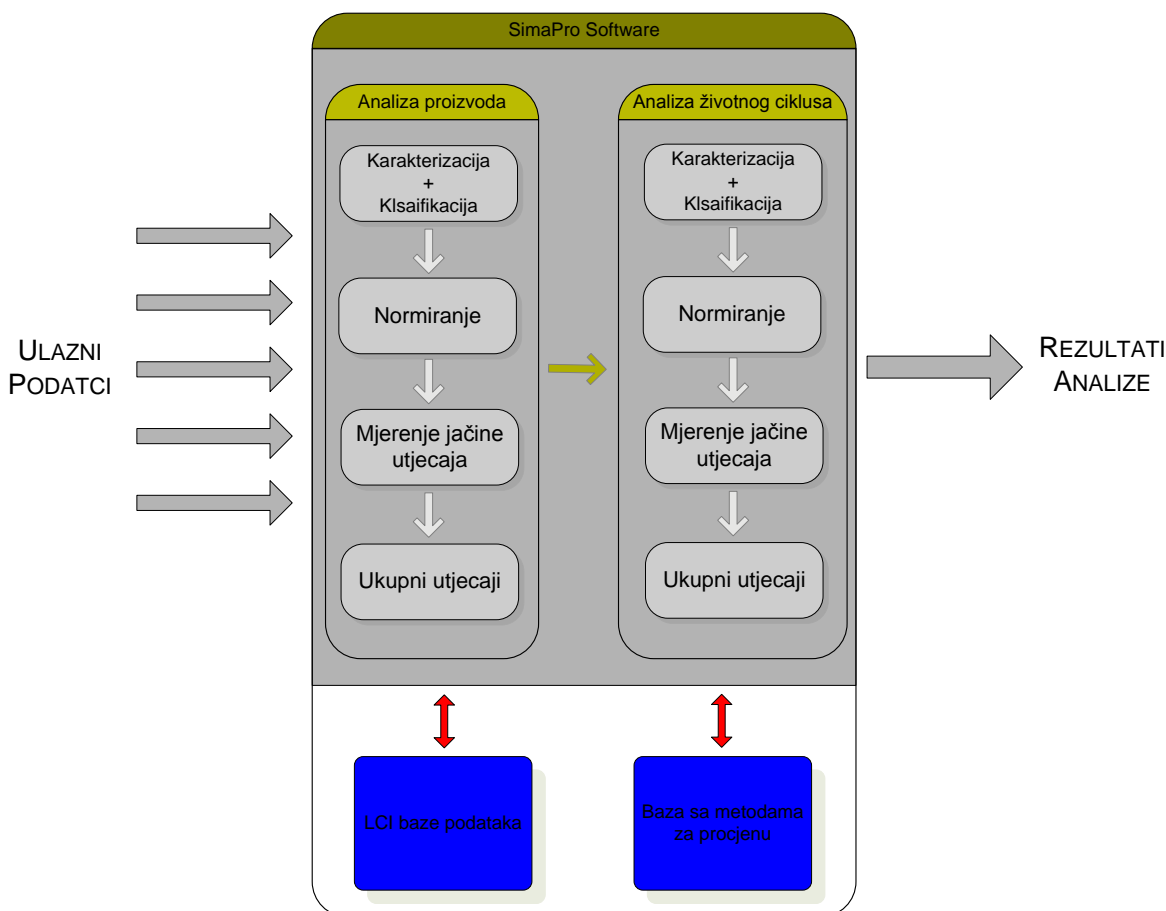
- Intuitivno korisničko sučelje koje slijedi ISO 14040
- Jednostavno modeliranje pomoću snažnih "Wizarda"²⁸
- Programirano modeliranje s analizom scenarija
- Hibridni LCA s ulaznim i izlaznim bazama podataka
- Izravno povezivanje na Excel ili ASP baze podataka
- Izravni proračuni za procjenu utjecaja iz svake faze modela
- Monte Carlo analiza
- Svi rezultati u jednom prozoru
- Interaktivna analiza rezultata: praćenje rezultate od samog početka, u stvarnom vremenu
- Grupiranje rezultata
- Analiza slabe točke: koristiti procesno stablo kako bi utvrdile sve "kritične točke"

Svojstvo	Kompaktni	Analitičar	Razvijač
Uvoz podataka (CSV + SimaPro format baze podataka)	Y	Y	Y
Monte Carlo izračuni	N	Y	Y
Izvoz (CSV i SimaPro format baze podataka)	N	Y	Y
Knjižnica za uređivanje	N	Y	Y
Premjestiti projektne podatke u knjižnici	N	Y	Y
Data Quality Indicator sustav	N	Y	Y
Uredi sustava opisi	N	Y	Y
Analiza Napredne rezultati	N	Y	Y
Proces Tree	N	Y	Y
Uvoz EcoSpold format	N	N	Y
Sakriti povjerljive podatke	N	N	Y
Čarobnjak za razvoj	N	N	Y
COM sučelja	N	N	Y

Slika 7.5. Usporedba glavnih značajki 3 stručne verzije [33]

²⁸ Wizard (čarobnjak) predstavlja određenu vrstu sučelja između korisnika i samog programa, koje korisniku pruža mogućnost da unese podatke o proizvodu prema kojima Wizard automatski modelira životni ciklus promatranog proizvoda te omogućuje postizanje traženih rezultata.

Analiza u SimaPro softveru provodi se kroz 4 faze definirane i opisane u poglavlju 6.3., a vidljive su na slici 7.6..



Slika 7.6. Shematski prikaz principa rada "Sima-Pro" računalne aplikacije [3]

1. Definiranje ulaznih podataka

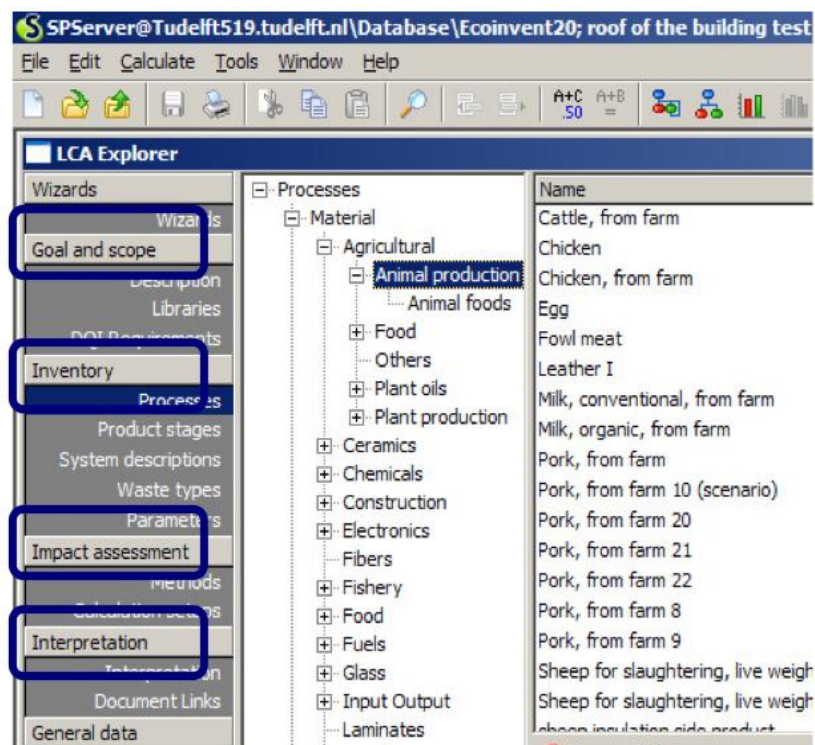
U prvom koraku potrebno je:

- Definirati **svrhu i cilj** provođenja analize
- Definirati **funkcionalnu jedinicu**
- Definirati **granice sustava** promatranog proizvoda (Slika 7.8.)
- Definirati **podatke** o proizvodu i svim relevantnim procesima vezanim uz njega

Ulazne podatke definira i unosi korisnik, s tim da je moguće, za podatke navedene u posljednjoj točki (podatci o proizvodu i relevantnim procesima vezanim uz njega) upotrijebiti predefinirane baze koje su sastavni dio programskog paketa "SimaPro".

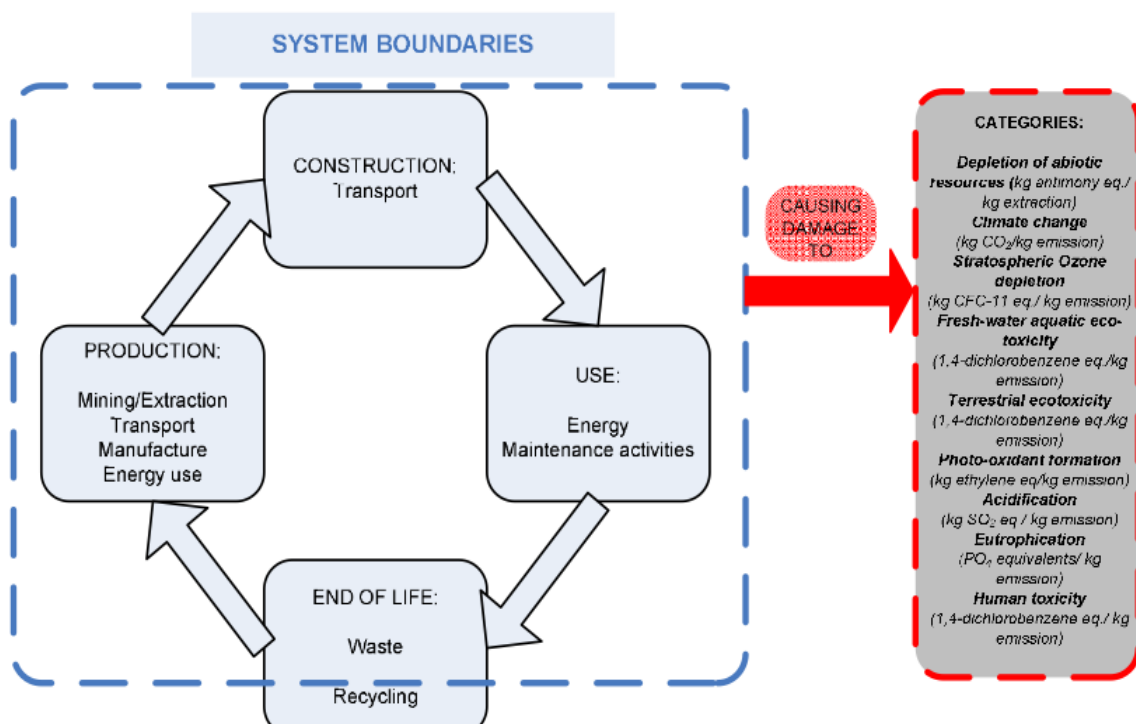
Isto tako, važno je napomenuti kako, u slučaju da je cilj provođenja analize usporedba dva proizvoda ili pak samo analiza kritičnih točaka utjecaja na okoliš, a ne modeliranje i razmatranje cijelog životnog ciklusa proizvoda, nije potrebno realizirati drugu od gore navedenih točaka (definiranje funkcionalne jedinice) [3].

U ovom dijelu definirani su svi procesi i faze proizvoda kao što je vidljivo na slici 7.7..



Slika 7.7. Organizacija SimaPro korisničkog sučelja u skladu s ISO 14040 [34]

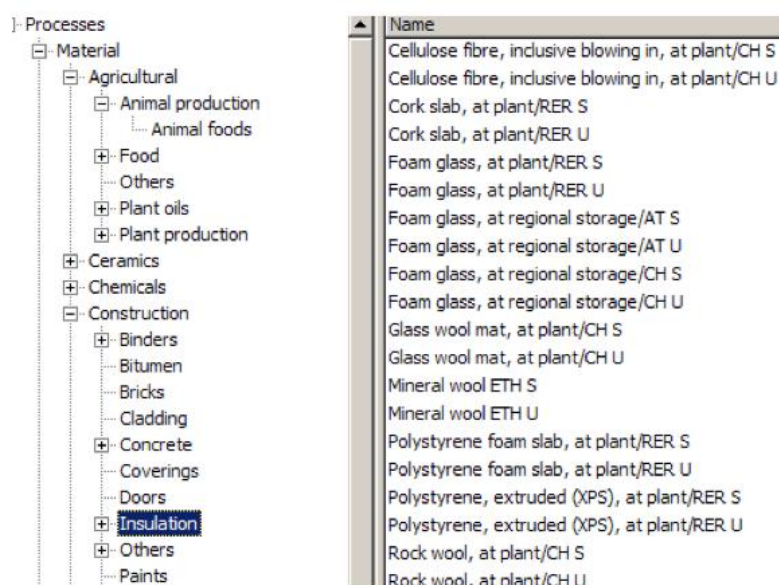
Na slici 7.8 vidi se da je utjecaj recikliranja izostavljen i to namjerno, jer recikliranje uključuje pretvaranje upotrebljivanih materijala u nove proizvode. Pretpostavlja se da je šteta nanjena okolišu koja se pojavljuje tijekom recikliranja treba biti pripisana proizvodu. Iz tog razloga samo su spaljivanje i odlaganje uzeti u obzir kao tretiranje otpada.



Slika 7.8. Granice sustava i utjecajne kategorije [34]

2. Faza popisivanja i analize podataka

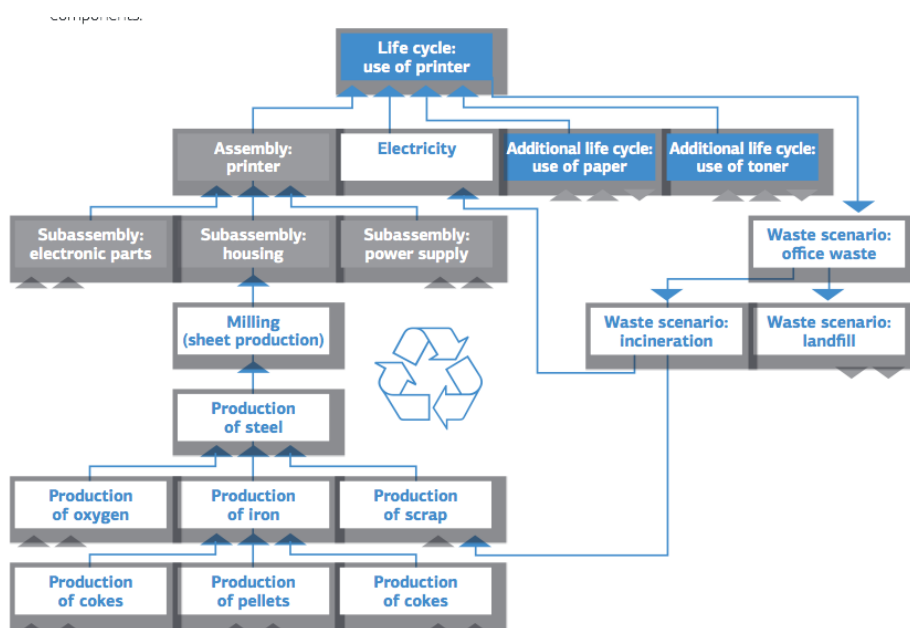
U ovoj fazi koriste se postojeće baze podataka ili postoji mogućnost izmjene baze podataka ili kreiranja nove. U tom dijelu pruža se mogućnost pristupa procesima i fazama proizvoda, dvije glavne vrste podataka u SimaPro.



Slika 7.9. Neki od procesa dostupnih u Ecoinvent bazi podataka [34]

3. Procjena utjecaja ("*Impact assessment*")

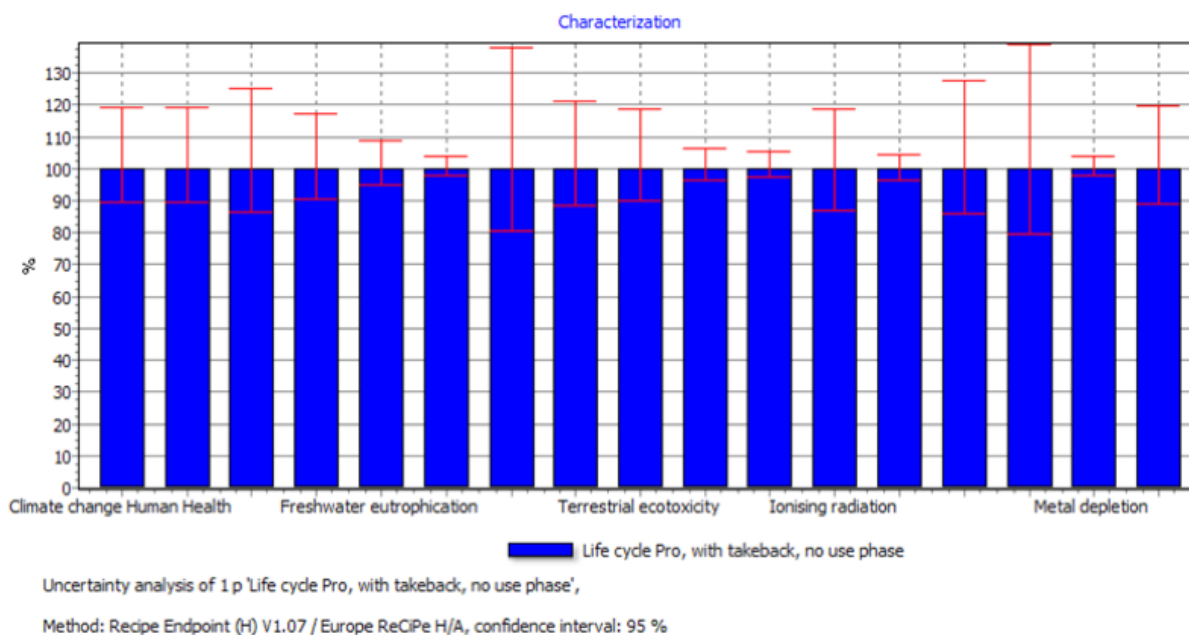
Ovaj pristup omogućuje pristup metodama procjene utjecaja. U postavkama izračuna može se definirati koji životni ciklusi, procesi i sklopovi moraju biti više puta analizirani i uspoređeni. Prednost korištenja izračuna je da se svi životni ciklus ili sklopovi uvijek pojavljuju u istom redoslijedu, s istim bojama i istim ljestvicama.



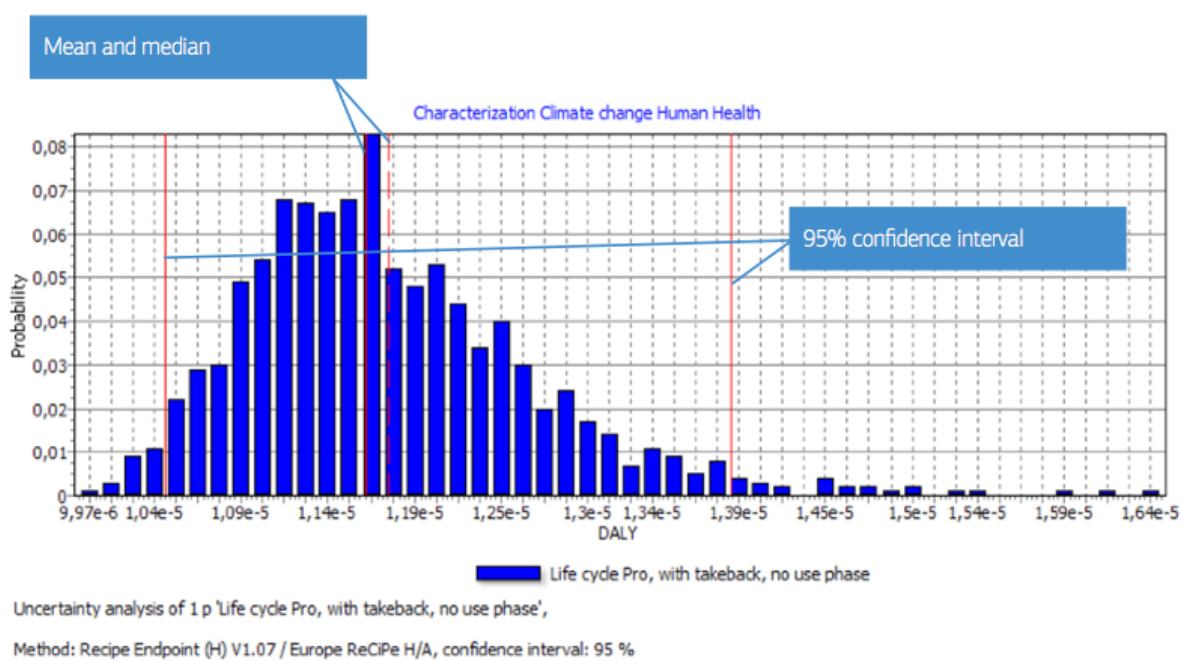
Slika 7.10. Shematski pregled životnog vijeka fax mašine [35]

4. Analiza i prikaz rezultata

Izlazni podatci proračunavaju se prema metodi ekoloških indikatora i prikazuju u vidu dijagrama ili pak tablica, za svaki od standardnih koraka LCA analize.



Slika 7.11. Grafički prikaz svojstva zaslona za modelirani aparat za kavu [35]



Slika 7.12. Grafički prikaz distribucije [35]

Na slici 7.12. horizontalna os prikazuje izračunatu vrijednost, u ovom slučaju utjecaj klimatskih promjena na ljudsko zdravlje. Vertikalna os prikazuje vjerojatnost da se postigne određena vrijednost.

7.3. Ostali LCA softveri

Slijede još neki od softvera koji se upotrebljavaju [36]:

- **BEES 4.0** (Building for Environmental and Economic Sustainability)
- **Boustead model 5.0** - Računalno modeliran alat za izračun životnog ciklusa zaliha.
- **CMLCA** (Chain Management by Life Cycle Assessment) - To je softverski alat koji je namijenjen kao potpora za tehničke korake postupka LCA.
- **EIO-LCA** (Economic Input-Output Life Cycle Assessment) - "Besplatna, brza i jednostavna procjena životnog ciklusa."
- **Gabi 4 Software** - Računalna aplikacija nastala suradnjom njemačke tvrtke PE Europe GmbH i Sveučilišta u Stuttgartu.
- **GEMIS** (Global Emission Model for Integrated Systems) - GEMIS je analiza životnog ciklusa programa i baza podataka za stvaranje energije, materijala i transportnih sustava. GEMIS baza nudi informacije o fosilnim gorivima, obnovljivim izvorima energije, procesima za električnu i toplinsku energiju, sirovinama i prijevozu.
- **GREET Model** (Greenhouse gases, Regulated Emission, and Energy use in Transportation) - Omogućuje istraživačima procjenu različitih motora i kombinacija goriva na dosljednoj osnovi ciklusa goriva.
- **IDEMAT** - To je alat za odabir materijala u procesu konstrukcije. Pruža bazu podataka s tehničkim informacijama o materijalima, procesima i komponentama i omogućava korisniku da uspoređi podatke.
- **LLamasoft**- Konstrukcija lanca opskrbe i optimizacije mreže softvera koji omogućuje potpuni izračun ugljičnog dioksida.
- **SPOLD Data Exchange Software**- Ovaj softver se koristi za stvaranje, uređivanje, uvoz i izvoz podataka u SPOLD '99 formatu.
- **TEAM**- Profesionalni alat za procjenu životnog ciklusa okoliša i troškova profila proizvoda i tehnologija. Sadrži sveobuhvatnu bazu podataka s više od 600 modula sa svjetskom pokrivenosti.
- **Umberto**- Razvio ga je Institut za informatiku okoliša, Hamburgu. Umberto služi kako bi predočio sustave materijala i protoka energije. Podaci su uzeti iz vanjskih informacijskih sustava ili su tek napravljeni i izračunati.
- **WISARD**(Waste - Integrated Systems Assessment for Recovery and Disposal)- LCA softverski alat koji će pomoći pri donošenju odluka i ocjenjivanju političkih opcija u pogledu odlaganja otpada iz domaćinstava.

8. LCA odabranog primjera

U sklopu ovog poglavlja bit će prikazana provedena LCA analiza postupka cinčanja rasvjetnog stupa tvrtke "Dalekovod" koristeći računalni softver "SimaPro PhD". Princip rada i opis navedene aplikacije dat je u prethodnom poglavlju.

Analiza će biti provedena na lokalnom nivou, a razmatrat će se isključivo proces cinčanja koji je zemljopisno vezan za RH, gdje će se promatrati posljedica njegovog utjecaja na okoliš.

8.1. Priprema i planiranje LCA analize

1. Definiranje svrhe i cilja provedbe analize

LCA analiza provodi se za potrebe završnog rada. Zamišljeni ciljevi provođenja LCA analize, između ostalog, su utvrditi:

- ispuštanja u okoliš tijekom samog procesa
- povećanje produktivnosti (ovisnost o kemijskim procesima, veličini bazena za cinčanje itd.)
- prostor za poboljšanje procesa
- usporedba sa drugim procesima površinske zaštite.

Industrija koja se bavi površinskom zaštitom, suočena je s brojnim izazovima kako bi smanjila direktne i indirektne utjecaje na okoliš. Isto tako, traže način kako da podupru industriju čelika prilikom izrade proizvoda sa zadovoljavanjem svih okolišnih zahtjeva.

2. Definiranje funkcionalne jedinice

U ovom slučaju nije moguće definirati funkcionalnu jedinicu, jer promatramo samo jedan proces u okviru cijelog životnog ciklusa proizvoda.

3. Definirati granice sustava

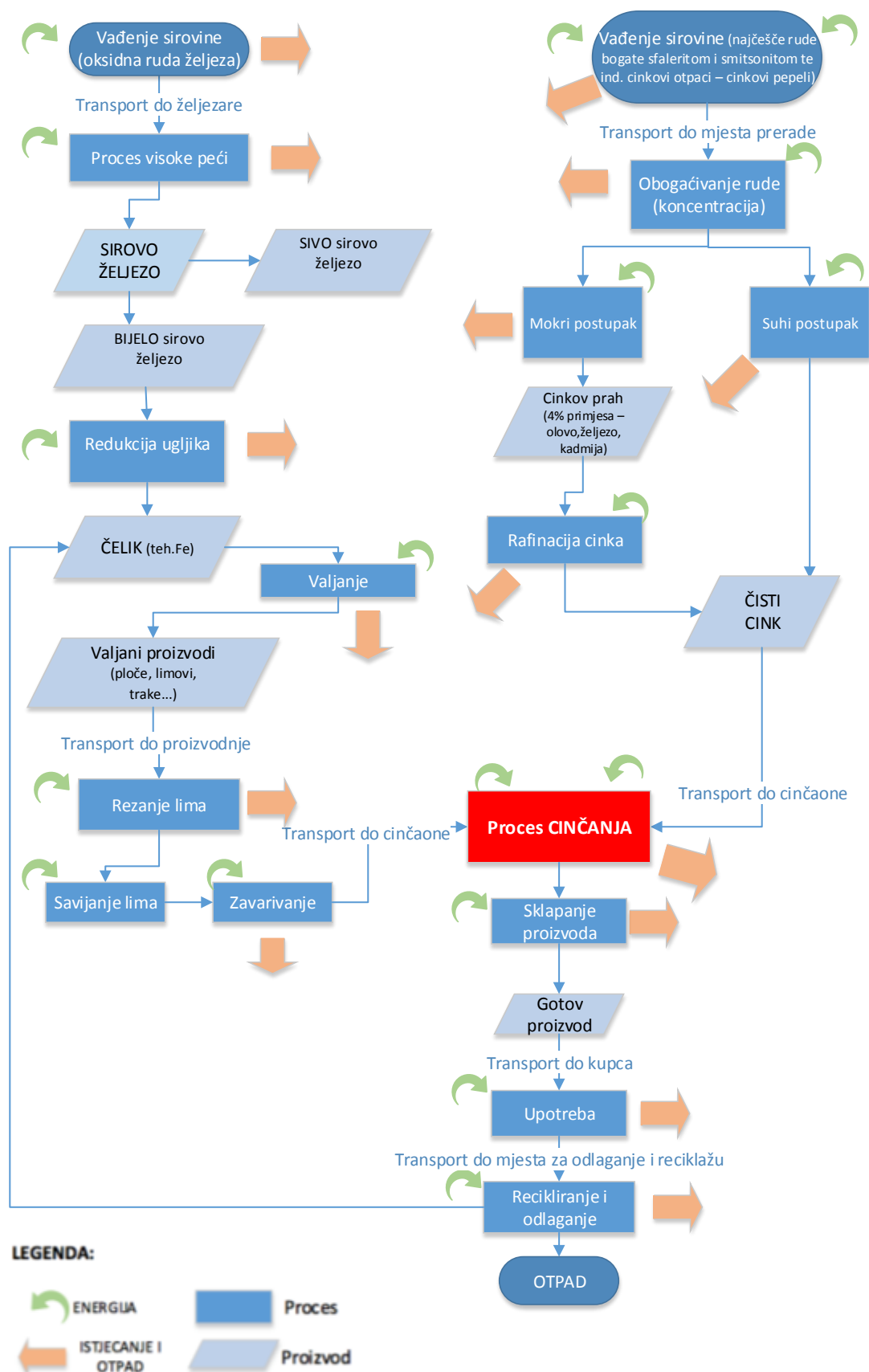
Kako bi LCA analizu bilo moguće provesti i dati što preciznije tumačenje dobivenih rezultata, potrebno je jasno definirati procese koji će biti obuhvaćeni analizom.

Svaki proizvod tijekom svojeg životnog ciklusa prolazi kroz niz faza. Te faze je moguće prikazati u općem obliku, koji vrijedi za sve proizvode, a može biti prikazan kao na slici 8.1.



Slika 8.1. Opći oblik životnog vijeka proizvoda [26]

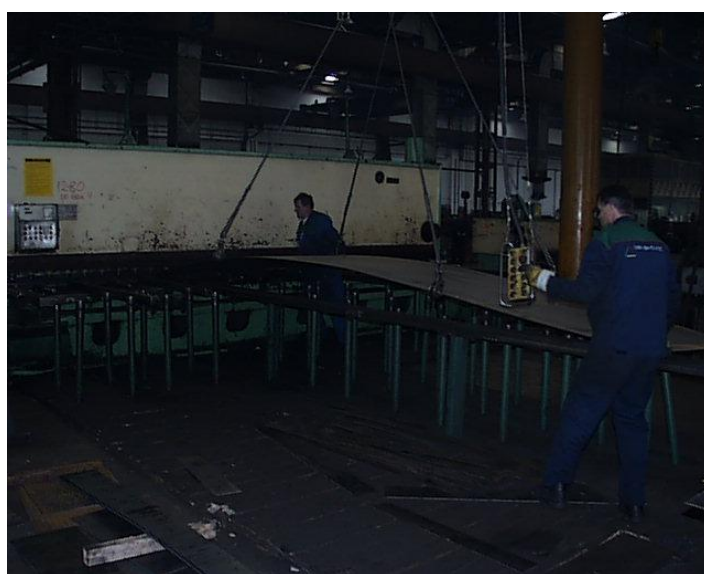
Za primjer rasvjetnog stupa, napravljen je dijagram toka (Slika 8.2.) koji obuhvaća sve faze životnog vijeka proizvoda. Međutim, analizirat će se samo jedan proces, vruće cinčanje.



Slika 8.2. Prikaz cijelog životnog ciklusa cinčanog rasvjetnog stupa [37],[38]

Postupak dobivanja čelika započinje vađenjem sirovine, oksidnih i karbonatnih željeznih ruda (Slika 8.2.). Nakon toga se ruda transportira do željezare gdje se vrši njena prerada. Prerada se vrši u visokim pećima gdje se reducira u sirovo željezo, izdvajanjem štetnih sastojaka tj. jalovine (fosfor, sumpor). Razlikujemo sivo i bijelo sirovo željezo. Sivo sirovo željezo sadrži 4% ugljika, te se koristi za dobivanje lijevanog željeza. Bijelo sirovo željezo sadrži 3% ugljika, te se koristi za dobivanje čelika. Postupak dobivanja čelika vrši se redukcijom ugljika iz bijelog sirovog željeza. Čelik se naziva jos i tehničko željezo i sadrži 0,5 - 1,7% C + primjese Si, Mn, S, P.

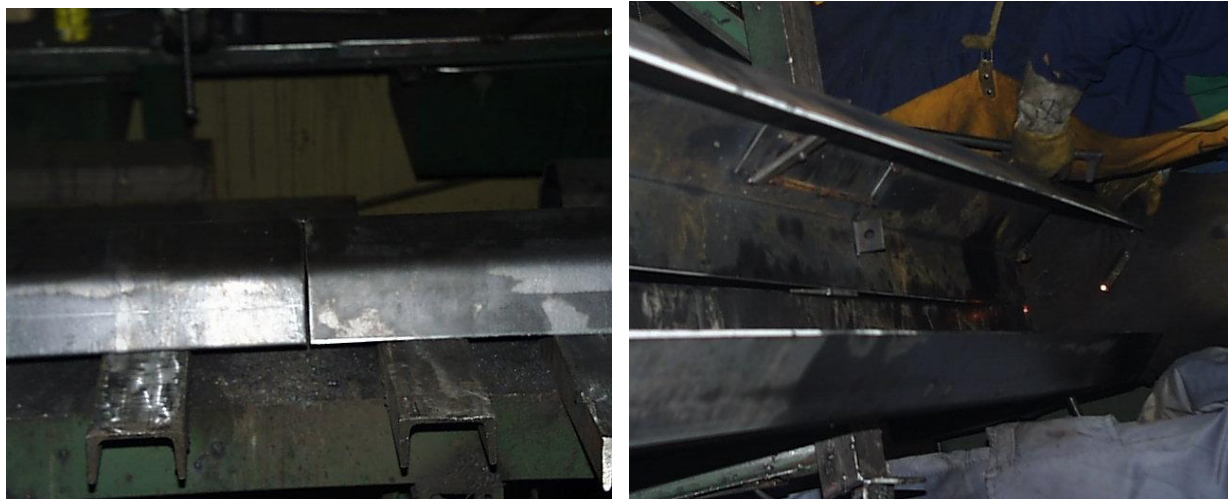
Stupovi se izrađuju iz kvalitetnog čeličnog lima (t x 1500 x 6000 mm), kojeg dobivamo postupkom valjanja. Čelik koji se koristi je konstrukcijski čelik, Č.0361. Lim se reže (Slika 8.3), strojno oblikuje u određene segmente (Slika 8.4) i zatim zavaruje (Slika 8.5.) pomoću stroja za automatsko zavarivanje. Na ovaj način proizvedeni stupovi imaju dobre mehaničke karakteristike, vrlo su lagani i estetski dobro oblikovani.



Slika 8.3 Postupak rezanja lima



Slika 8.4. Postupak savijanja lima



Slika 8.5. Postupak zavarivanja plašteva

Oblikovani stupovi transportiraju se do cinčaone gdje se vrši površinska zaštita stupova od atmosferskih utjecaja. Standardna zaštita od korozije izvodi se vrućim pocinčavanjem ili osnovnim zaštitnim premazima.

Postupak dobivanja cinka također započinje vađenjem sirovine, najčešće rude bogate sfaleritom i smitsonitom te industrijski cinkovi otpaci (cinkovi pepeli). Kako navedene cinkove rude obično imaju mali postotak cinka (2-12%), prije prerade se koncentriraju (obogaćuju). Iz obogaćenih ruda odnosno koncentrata (koji sadrži 45-55% Zn) cink se može dobiti suhim, pirometalurškim postupkom ili mokrim, hidrometalurškim postupkom (elektrolizom).

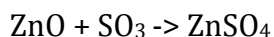
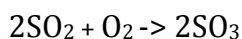
Suhim načinom dobiva se oko 37% svjetske proizvodnje cinka, a proces se odvija u dvije faze:

1. Najprije se cinkov sulfid (koncentrirani sfalerit) i/ili karbonat (smitosonit) prevodi u cinkov oksid žarenjem u etažnim pećima. Pri tome se paralelno odvijaju dvije reakcije:

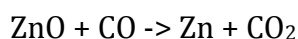
- oksidacijsko žarenje koje se odvija prema jednadžbi:

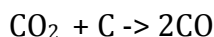


- sulfatizacijsko žarenje prema jednadžbama:



2. Redukcija žarene mase na metalni cink može se proizvesti u mugolnim pećima za destilaciju u jamastoj peći ili elektrotermičkim načinom. Redukcija se provodi uz pristutnost znatnog suviška ugljika pri temperaturi 1200 - 1300 °C prema reakcijama:



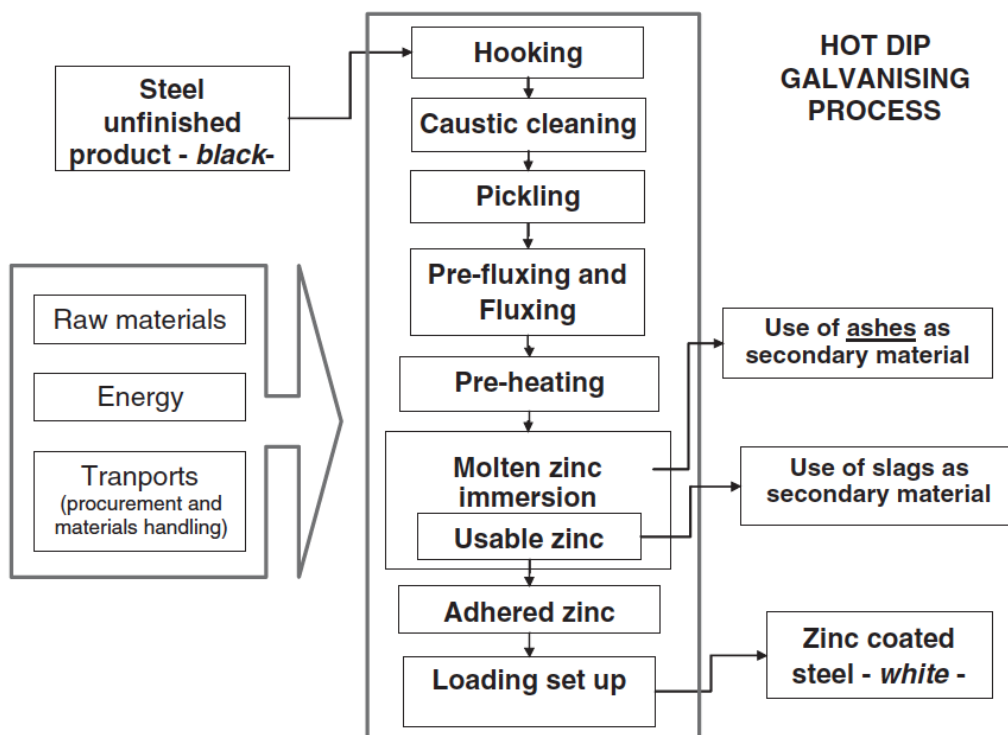


Cink dobiven ovim postupkom nije čist jer sadrži 4% primjesa (olova, željeza i kadmija) pa ga treba pročititi. Postoje 3 metode pročišćavanja (rafinacije):

- pretaljivanje (najstarija metoda) - pri čemu se dobije 95-97%-tni cink,
- redestilacija u mufolnim pećima - dobije se 99,8-99,9%-tni cink
- rektifikacija (frakcijske destilacije - najnovija je metoda) u kolonama iz karborunduma (silicijevog karbida, SiC).

Mokrim načinom (hidrometalurškim) dobiva se 51% ukupne svjetske proizvodnje cinka, a od suhog načina se razlikuje po drugom stupnju. Naime, nakon prevođenja rude u oksid, on se otapa u sumpornoj kiselini i podvrgava elektrolizi (na katodi od aluminija izlučuje se elementarni cink, a na anodi od olova kisik). Ovim postupkom dobije se cink čistoće 99,99 %. Problem kod elektrolize je u tome što cink ima negativan standardni elektrodni potencijal pa će se prije njega izlučiti gotovo sve primjese. Da bi se to izbjeglo, potrebno je otopinu cinkova sulfata prije prevođenja u oksid dobro očistiti što bitno poskupljuje cijeli postupak. [38]

Cink koji se koristi u cinčaoni je 99,995% čistoće. U teoriji i standardima, dozvoljena minimalna čistoća rastopljenog cinka je 98%. Cinčanje se odvija prema postupku na slici 8.6., a opisanom u 3. poglavlju.

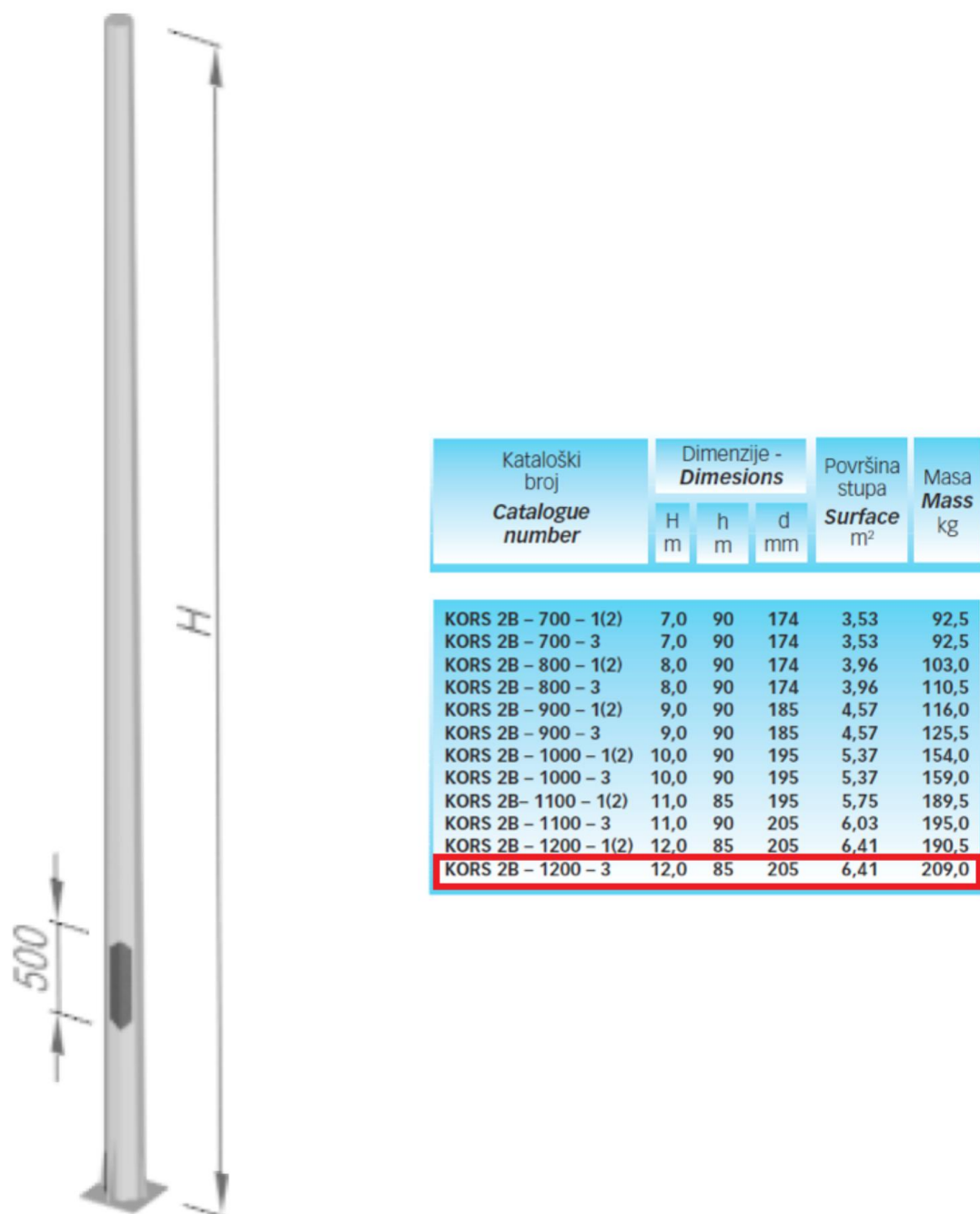


Slika 8.6. Pojednostavljena shema vrućeg cinčanja [39]

Nakon izvršenog postupka vrućeg cinčanja, sklapa se gotov proizvod, koji se transportira kupcu i postavlja na zato predviđenu lokaciju. Životni vijek, rasvjetnog stupa je otprilike 15ak do 20ak godina i nakon toga se dio reciklira i ponovno upotrebljuje, a dio postaje otpad.

4. Definirati podatke o proizvodu i svim relevantnim procesima vezanim uz njega

Svaki od osnovnih procesa prikazanih u shemi na slici 8.2. obuhvaća cijeli niz podataka o korištenim materijalima i podprocesima. Ti podatci predstavljaju osnovu za provedbu svake kompletne LCA analize, te moraju biti što bolje i detaljnije opisani i definirani.



Slika 8.7. Podaci o rasvjetnom stupu Dalekovoda KORS 2B -1200 -3 [40]

Slika 8.7. prikazuje odabrani stup na kojem će se vršiti analiza. Riječ je o koničnom osmerokutnom stupu koji ima najširu primjenu kod rasvjete gradskih ulica, aleja, parkova, gradskih i izvangradskih prometnica, križanja, ulica, trgova, pristaništa, autobusnih i željezničkih kolodvora, te industrijskih objekata.

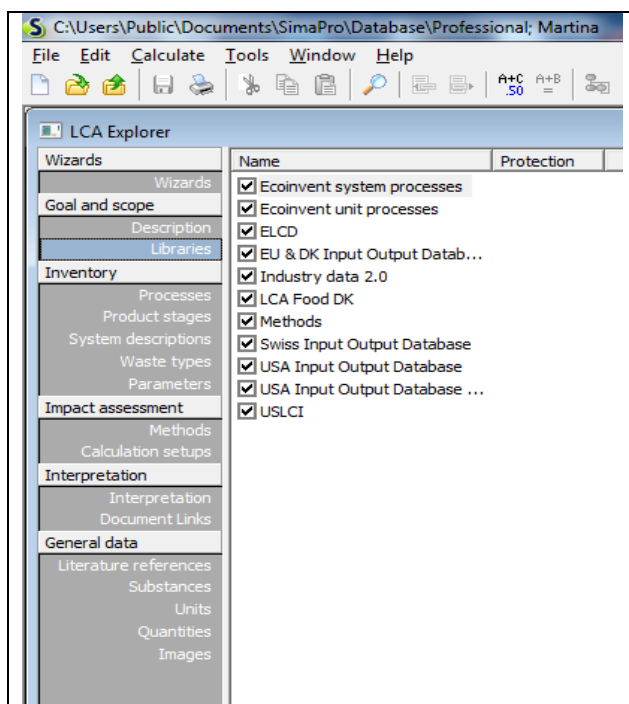
Za procjenu utjecaja postupka cinčanja, na godišnjoj razini, potrebno je utvrditi ukupnu površinu koja se cinča, te godišnju količinu pocinčanih proizvoda. Površina je isčitana iz tablice (Slika 8.7.) i za odabrani stup iznosi 6,41 m², a godišnja količina je procijenjena na oko 10 000 komada.

$$P = 6,41\text{m}^2 \times 10\,000 \text{ (kom/god)} = 64\,100\text{m}^2$$

Razlikujemo 2 vrste podataka korištenih u sklopu LCA analize:

- **Specifični podatci** - prikupljaju se za potrebe točno određenog projekta, te ih je moguće pohraniti u bazu podataka i koristiti u nekim drugim projektima
- **Generički podatci** - podatci koji se nalaze u postojećim bazama podataka (navedene u poglavlju 7.2.) kreiranim upravo za potrebe provedbe LCA analize

U okviru ove analize bit će korišteni generički podatci iz LCA baze podataka koje su sastavni dio "SimaPro" aplikacije. Upotreba generičkih podataka uvelike skraćuje rok provedbe LCA analize, jer je upravo prikupljanje podataka vremenski i financijski najzahtjevniji proces vezan uz provedbu analize. Korištenje ovih podataka utječe i na točnost provođenja analize, ali je u ovom slučaju, taj nivo točnosti i dalje zadovoljavajuć. U studiji prije svega želimo odgovor na neka općenita pitanja kao što su koliko cinčanje utječe na okoliš, zdravlje ljudi itd.

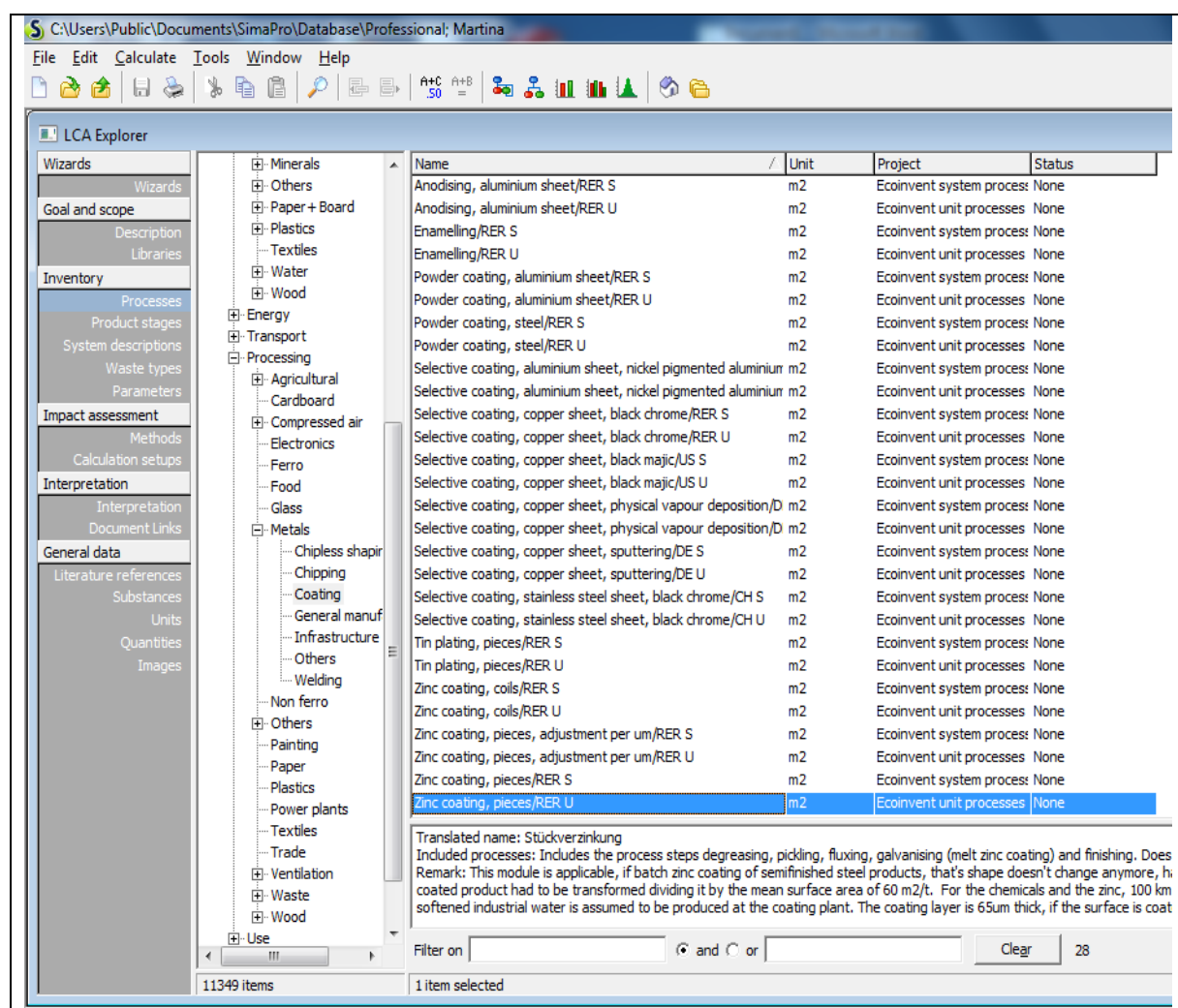


Slika 8.8. Odabrane baze podataka iz softvera "SimaPro"

Aplikacija "SimaPro" sadrži različite baze podataka, koje se mogu koristiti u projektima, i smatraju se izvorom svih značajnih podataka o pojedinim procesima. Baze sadrže okolišne podatke za proizvod ili proces. Preporuča se rad s ponuđenim projektima i bazama iako je moguće napraviti, ako je to potrebno, specijaliziranu bazu.

Najpovoljnija baza koja je i specificirana u kasnijem koraku je Ecoinvent baza podataka, koja sadrži 4100 podataka za proizvode i usluge na području energetike, transporta, građevinskog materijala, kemikalija, obradu otpada, poljoprivrednog sektora itd. Podatci iz ove baze su uglavnom primjenjeni za područje Švicarske i zapadne Europe.

U dijelu "Inventory" pod "Processes" odabiremo proces koji promatramo, vruće cinčanje (Zinc coating, pieces RER/U), prikazano na slici 8.9.. Odabrani proces uključuje procese odmašćivanja, dekapiranja, fluksiranja, pocinčavanja i završne obrade. A ne uključuje predmete koji su već prevučeni. Ova metoda je primjenjiva za cinčanje polugotovih proizvoda od čelika, kojima se oblik više ne mijenja. Podatci dani po toni cinčanog proizvoda moraju biti transformirani tako da se podijele s prosječnom površinom od 60 m²/t. Za kemikalije i cink, 100km prijevoza kamionom tereta od 32t je izjednačeno. Pretpostavlja se da se proizvodnja omekšane industrijske vode proizvodi u tvornici za oblaganje. Prevlaka cinka je 65µm debljine, ako je površina obložena na obje strane, i 130µm debljine, ako je prevlaka samo na jednoj strani. S obzirom na činjenicu, da su podaci dati po četvornom metru, a ne po kg, popisana energija za teške dijelove je niska, a za lake komade visoka. Podatci dati odabirom ovog postupka prilagođeni su za područje Europske unije.



Slika 8.9. Odabir procesa koji analiziramo, Zinc coating, pieces RER/U

8.2. Određivanje utjecaja na okoliš

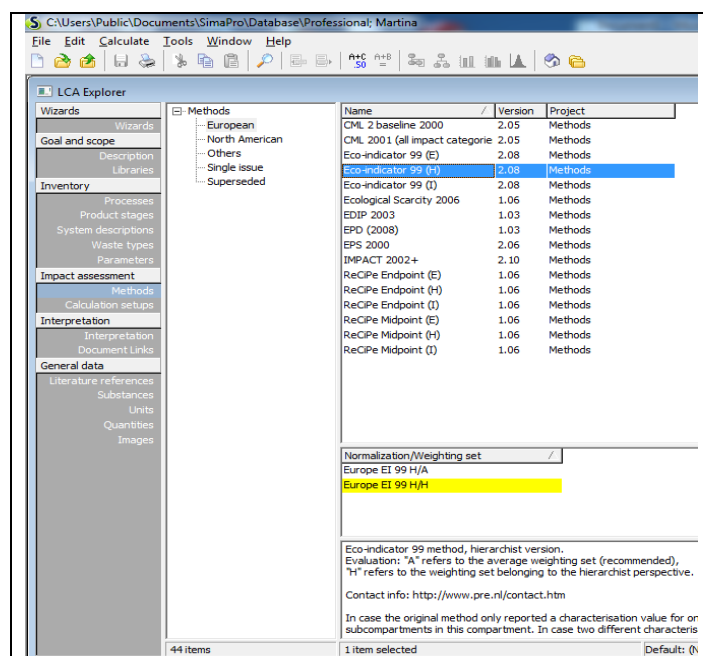
Budući da je rezultate analize teško interpretirati, potrebno je provesti svojevrsno "vrednovanje utjecaja" kako vi se rezultati predstavili u formi koju je jednostavnije

protumačiti. Analiza se provodi u sklopu "Određivanja utjecaja na okoliš", a sastoji se od 4 faze, opisane u poglavlju 6.3.3.:

1. Karakterizacija (Characterization)
2. Mjerenje jačine utjecaja (Damage assessment)
3. Normalizacija (Normalization)
4. Klasifikacija (Weighting)

Zadnje tri nabrojane metode su izborne (nisu dostupne u svim metodama). Mjerenje jačine utjecaja se koristi kod tzv. "metoda završnih točaka" ("end point methods"), kao što su Eco-Indicator 99 i EPS 2000. Namjena ove faze je kombinirati niz indikatora na utjecajne kategorije.

U dijelu "Impact Assessment" pod "Methods" odabiremo metode za procjenu utjecaja odabranog modela prilikom postupka vrućeg cinčanja. Slika 8.10. prikazuje odabranu metodu, Eco-Indicator 99 (H). To je metoda koja se odnosi na prosječno klasificiranje seta. "H" se odnosi na hijerarhijsku perspektivu, koja uključuje gledanje dugotrajne vremenske perspektive, stvari su uključene ako postoji konsenzus u vezi s njihovim učinkom.

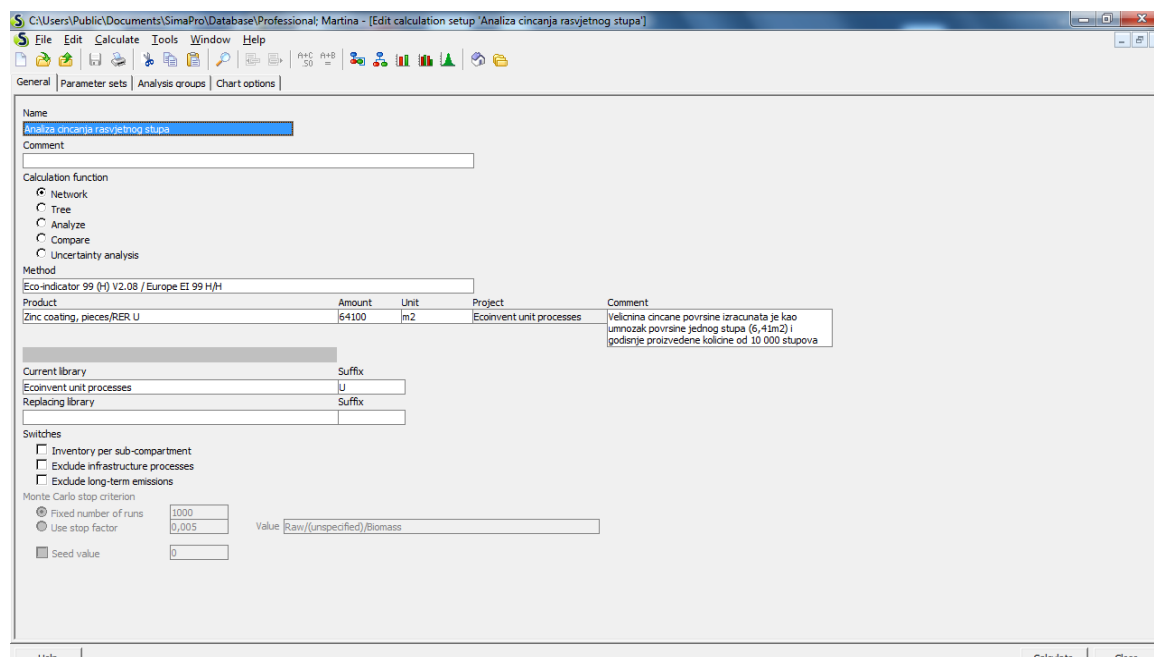


Slika 8.10. Odabrana metoda - Eco-Indicator 99 (H)

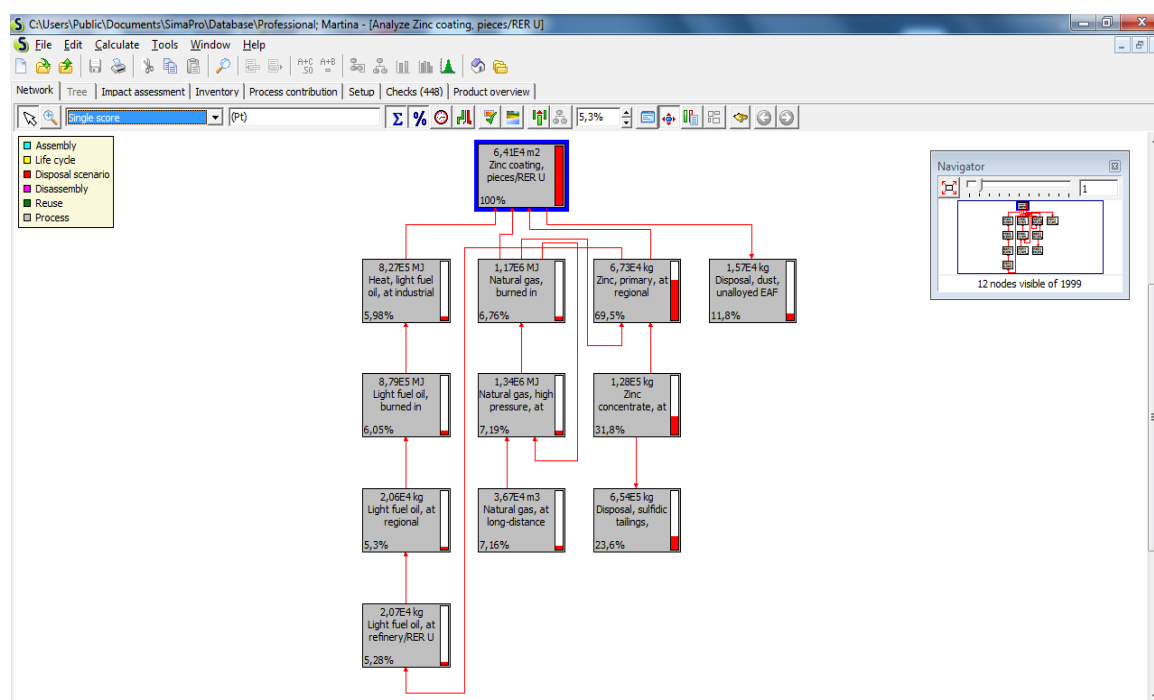
LCA analiza najčešće definira desetak ili više kategorija utjecaja na okoliš. Delegiranje tokova materijala i energije po tim kategorijama je vremenski zahtjevan i stručan posao. U Eco-indicator 99 metodi normalizacija i klasifikaciju izvode se u kategoriji utjecaja. Postoje tri glavne kategorije, nabrojane i ranije:

- **Ljudsko zdravlje** (Human Helth - HH) - jedinica: dnevno = godine života s invaliditetom; to znači da se klasificiraju različite invalidnosti uzrokovane bolestima)
- **Kvaliteta ekosustava** (Ecosystem Quality - EQ) - jedinica: PDF*m²yr; PDF (Potentially Disappeared Fraction of plant species) = potencijalni nestanak fraktacije biljnih vrsta
- **Resursi** (Resources - R) - jedinica: MJ višak energije; dodatni zatjev za energijom kako bi se kompenzirali budući niži razredi ruda

Kako bi se započelo sa izračunom utjecaja na okoliš, u koraku "Calculation setups", potrebno je još jednom specificirati bazu podataka (Ecoinvent unit precesses), metodu (Eco-indicator 99(H)) i postupak koji ćemo analizirati (Zinc coating, pieces RER/U) (Slika 8.11.). Slikom 8.12. prikazano je pripadajuće "stablo procesa" kojeg analiziramo koristeći "SimaPro" aplikaciju.



Slika 8.11. Prikaz odabrane baze, metode, procesa i podataka koji će se proračunavati



Slika 8.12. "Stablo procesa" razmatranog procesa vrućeg cinčanja

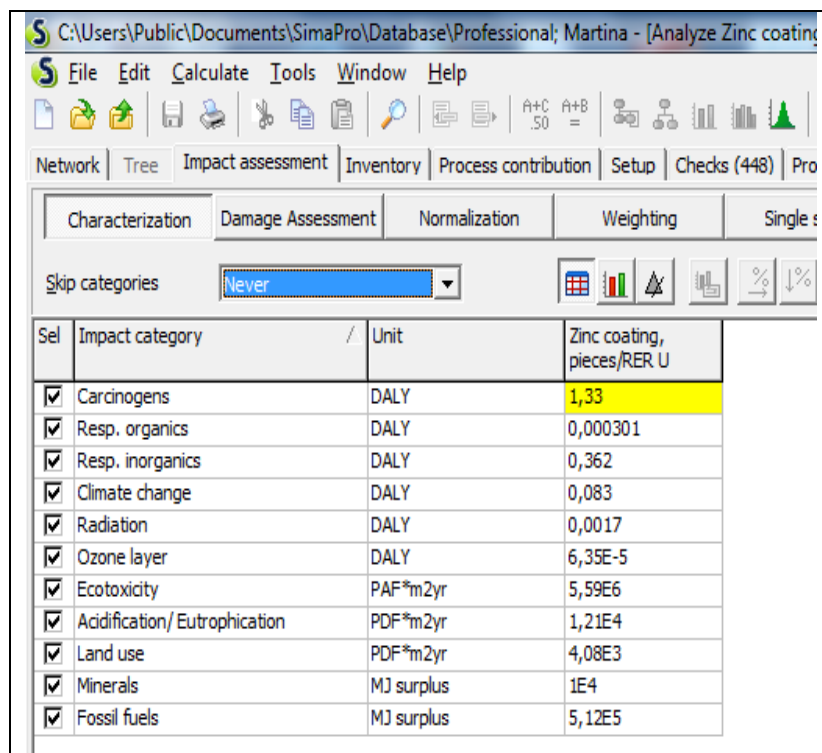
8.2.1. Karakterizacija

Prema ISO 14042 to je obavezna razina procjene utjecaja. Rezultati su prezentirani na skali od 0 do 100% ili od -100% do 100% (ako postoje negativne ili izbjegavane emisije).

Proračun potencijala utjecaja na okoliš, u općem smislu, provodi se preko od prije navedenog izraza:

$$\sum \text{Potencijalnih utjecaja} = \sum \text{Količina promatrane supstance} \times \text{potencijal utjecaja supstance}$$

Indikatori obuhvaćeni procjenom prikazane su na slici 8.13.



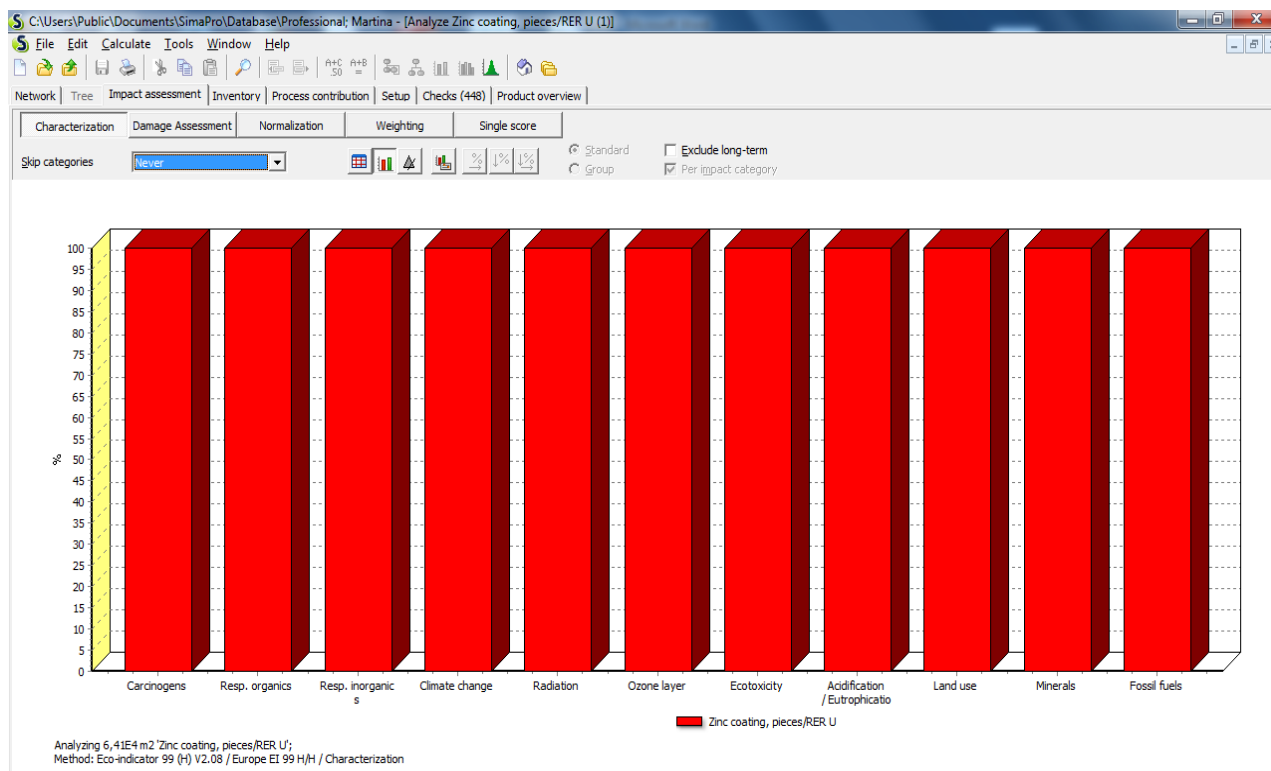
Sel	Impact category	Unit	Zinc coating, pieces/RER U
<input checked="" type="checkbox"/>	Carcinogens	DALY	1,33
<input checked="" type="checkbox"/>	Resp. organics	DALY	0,000301
<input checked="" type="checkbox"/>	Resp. inorganics	DALY	0,362
<input checked="" type="checkbox"/>	Climate change	DALY	0,083
<input checked="" type="checkbox"/>	Radiation	DALY	0,0017
<input checked="" type="checkbox"/>	Ozone layer	DALY	6,35E-5
<input checked="" type="checkbox"/>	Ecotoxicity	PAF*m2yr	5,59E6
<input checked="" type="checkbox"/>	Acidification/ Eutrophication	PDF*m2yr	1,21E4
<input checked="" type="checkbox"/>	Land use	PDF*m2yr	4,08E3
<input checked="" type="checkbox"/>	Minerals	MJ surplus	1E4
<input checked="" type="checkbox"/>	Fossil fuels	MJ surplus	5,12E5

Slika 8.13. Tablični prikaz obuhvaćenih indikatora na utjecajne kategorije

Rezultati ovog koraka mogu lako biti krivo interpretirani iz više razloga:

- skala od 100% je prilično beskorisna, jer ne određuje radi li se o vrlo malom ili vrlo velikom utjecaju na okoliš
- karakterizirani indikatori utjecajnih kategorija imaju različite mjerne jedinice, tako da iako su prikazane količine, to nisu značajne informacije
- vjerojatno nisu sve utjecajne kategorije podjednako važne, tako da nema informacija klasifikacije

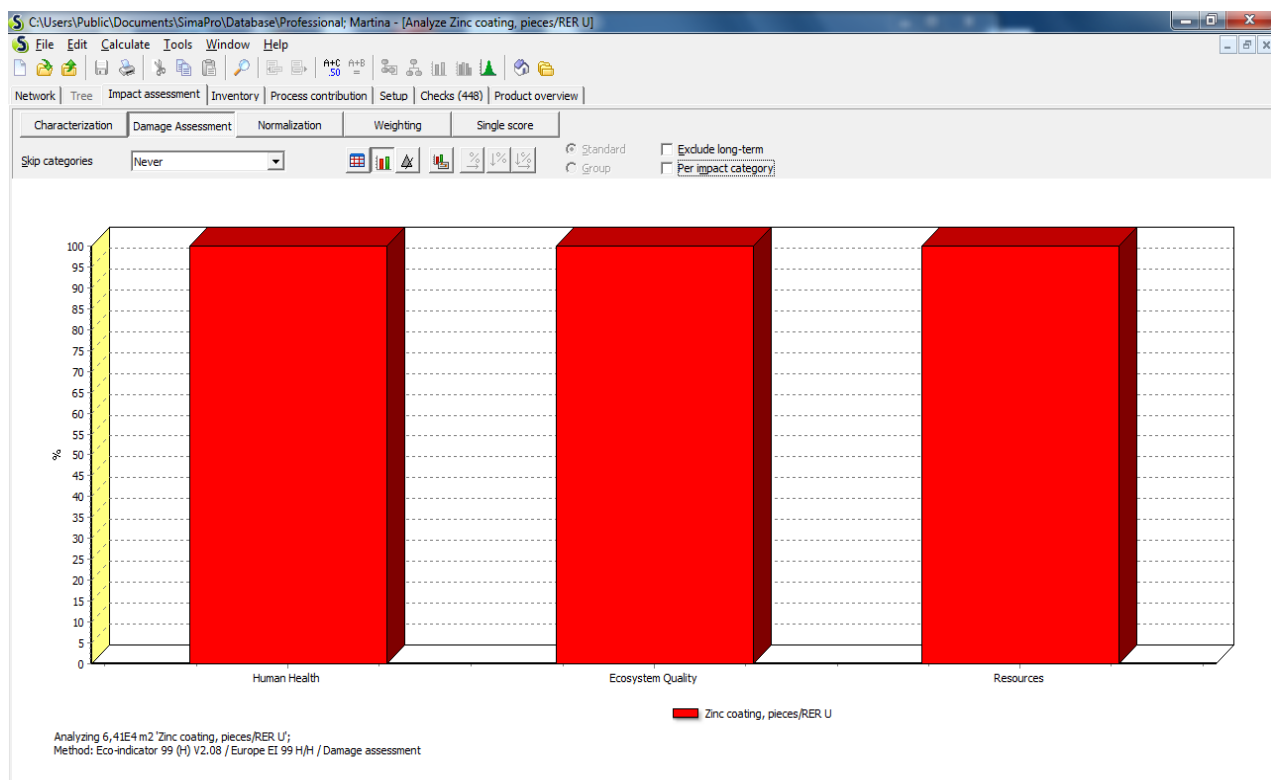
Proračunom potencijala pojedinih emisija u okoliš, kao što je vidljivo na slici 8.14., ne dobiva se uvid u jačinu pojedinog utjecaja, te je potrebno uvesti referentnu veličinu u odnosu na koju će se mjerenje provesti.



Slika 8.14. Grafički prikaz rezultata karakterizacije po indikatorima kategorija utjecaja

8.2.2. Mjerenje jačine utjecaja

Ova faza koristi rezultate analize izračuna čimbenika karakterizacije. Rezultati ove faze prikazani su također na skali od 100%.



Slika 8.15. Rezultati faze mjerenja jačine utjecaja za promatrani proces u 3 kategorije utjecaja

Slika 8.15. prikazuje rezultate ove faze po 3 karakteristične kategorije utjecaja. Međutim, kao i kod karakterizacije, indikatori imaju različite mjerne jedinice, tako da iako su prikazane količine, to nisu značajne informacije.

Neke metode za procjenu utjecaja dozvoljavaju da indikatori utjecajnih kategorija imaju jednu jedinicu.

8.2.3. Normiranje

Uvođenje referentne veličine na osnovu koje će se vršiti usporedba odvija se u ovom koraku.

Normiranje rješava dvije mane iz prethodnih koraka:

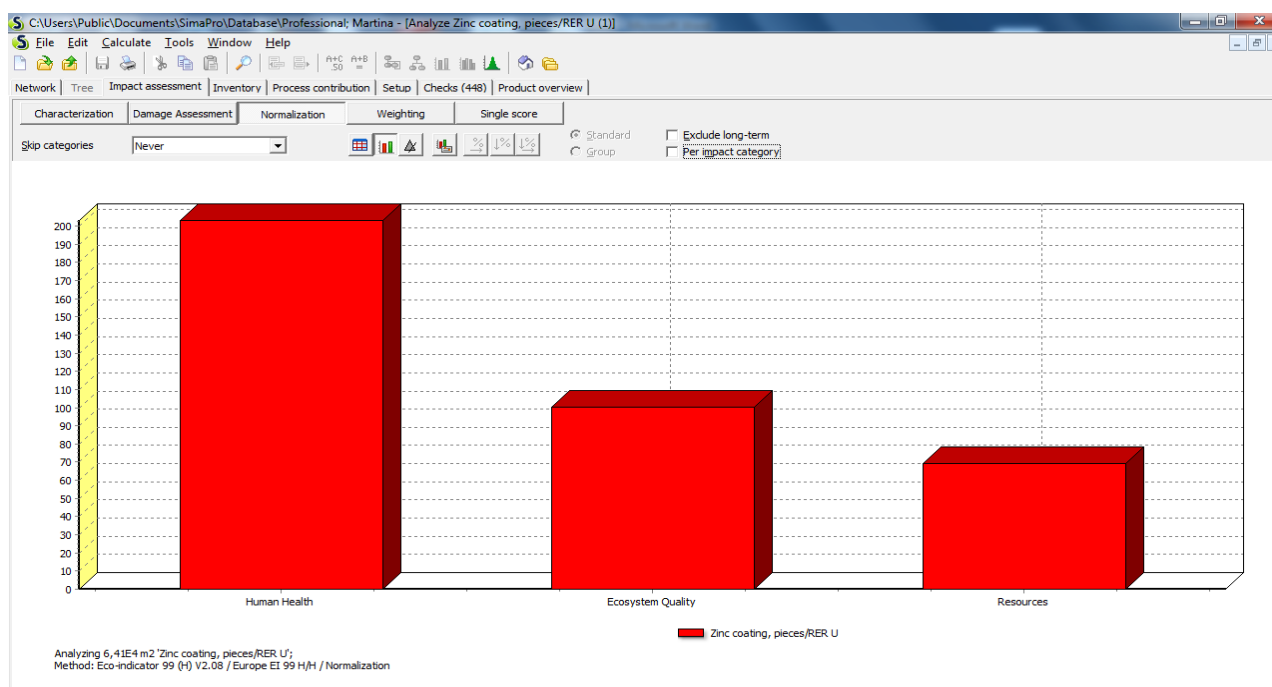
- kreira jedinstvenu jedinicu za sve utjecajne kategorije
- prikazuje relativni doprinos svih utjecajnih kategorija na ekološke probleme u regiji

To se postiže tako da su rezultati karakterizacije dijele s referentnom veličinom po utjecajnim kategorijama. Uobičajeno je da se referentne veličine izračunavaju preko godišnjih emisija po stanovniku na području Europe.

Softver daje mogućnost prikaza rezultata ove faze u 2 varijante:

- **u 3 kategorije utjecaja:** utjecaj na ljudsko zdravlje, štetu načinjenu ekosustavu i osiromašenje prirodnih resursa.
- **po indikatorima kategorija utjecaja:** kancerogenost, klimatske promjene, radijacija, minerali itd.

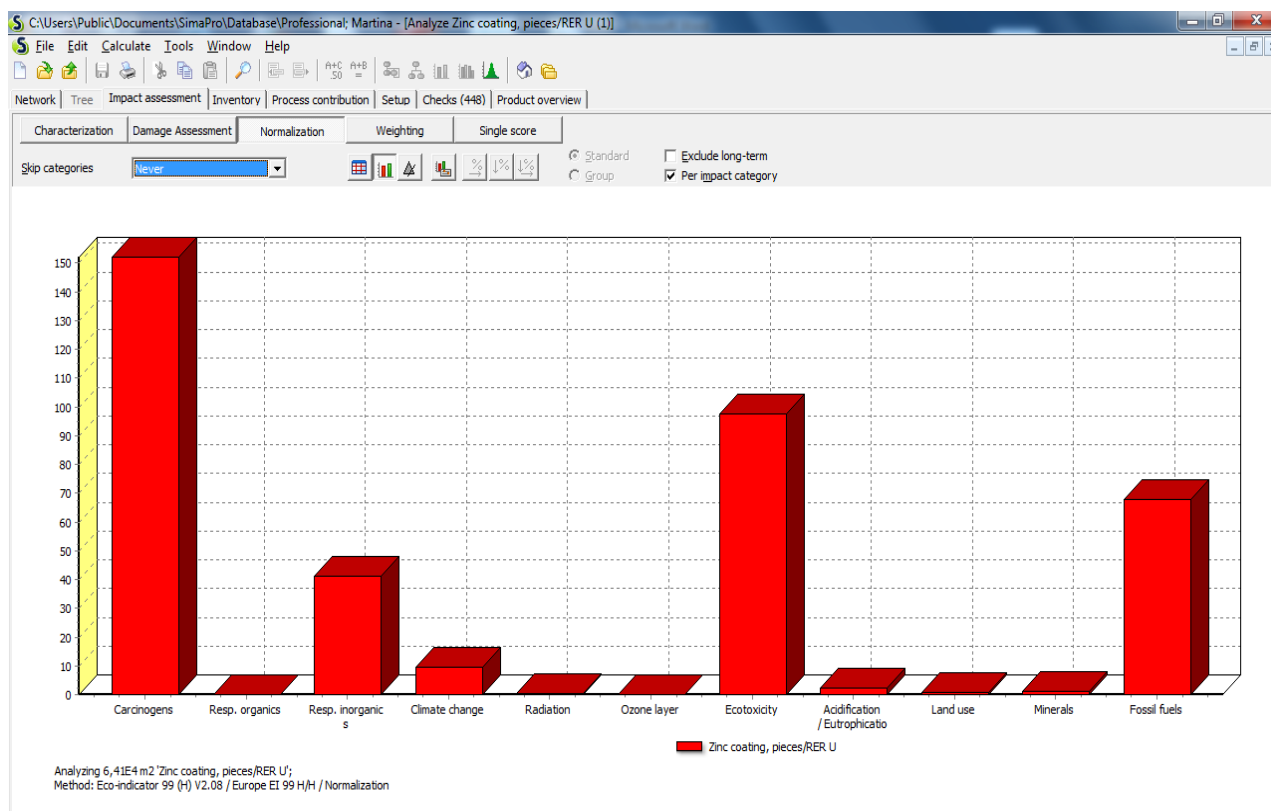
U okviru ovog rada bit će prikazane obe varijante.



Slika 8.16. Rezultati faze normiranja za promatrani proces u 3 kategorije utjecaja

Dijagram na slici 8.16. prikazuje rezultate faze normiranja za promatrani proces u 3 kategorije utjecaja, dok dijagram na slici 8.17. prikazuje rezultate po indikatorima.

Dijagramima se daje uvid koliko promatrani proces utječe na onečišćenje koje se može pripisati prosječnom stanovniku Europe tijekom jedne godine.



Slika 8.17. Rezultati faze normiranja za promatrani proces po indikatorima

Na slici 8.16. vidljivo je da proces ima najveći utjecaj na ljudsko zdravlje (203), dok se iz slike 8.17. vidi da postoji veliki utjecaj kancerogenosti (152), a u velikoj količini se nalaze i ekotoksičnost (97,7) i fosilna goriva (67,8).

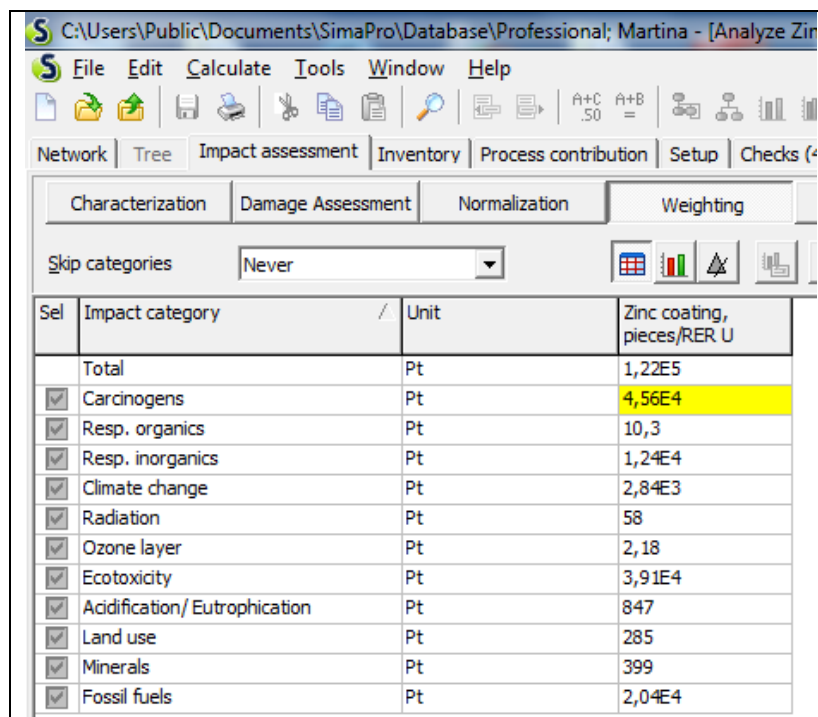
8.2.4. Klasifikacija

Klasifikacija je subjektivan korak, te se stoga smatra kao jedan on najkontroverznijih i najtežih u interpretaciji rezultata LCA analize.

Normalizirani rezultati indikatora kategorija utjecaja nisu svi jednako važni, i na taj način ne mogu dati usporedbu različitih kategorija utjecaja, jer nije poznato koja kategorija ima veću važnost. Potrebno je uvođenje faktora za klasifikaciju, koji su konvencionalno usvojeni od ekoloških stručnjaka. Nemaju sve metode procjene utjecaja faktore za klasifikaciju.

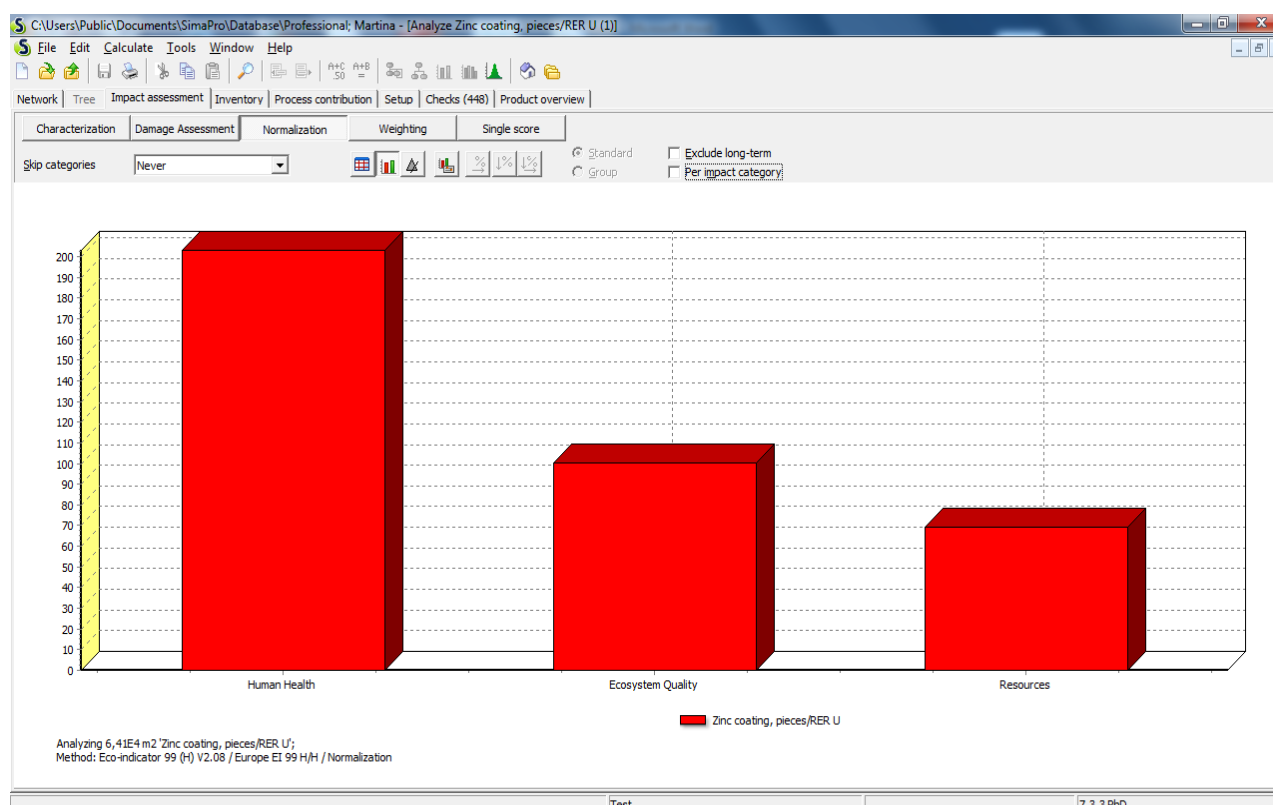
Dakle, kada se broj dobiven u fazi normalizacije pomnoži sa faktorom ocjenjivanja, dobije se tzv. bod (Pt) (Slika 8.18.). Utjecaji na okoliš izraženi u kilobodovima (kPt) prikazani su grafički na slici 8.19. i 8.20.. Pomoću ovakvih podataka različite kategorije utjecaja su sada usporedive.

Kao i u prethodnoj fazi i ovdje softver daje mogućnost prikaza rezultata u 2 varijante.



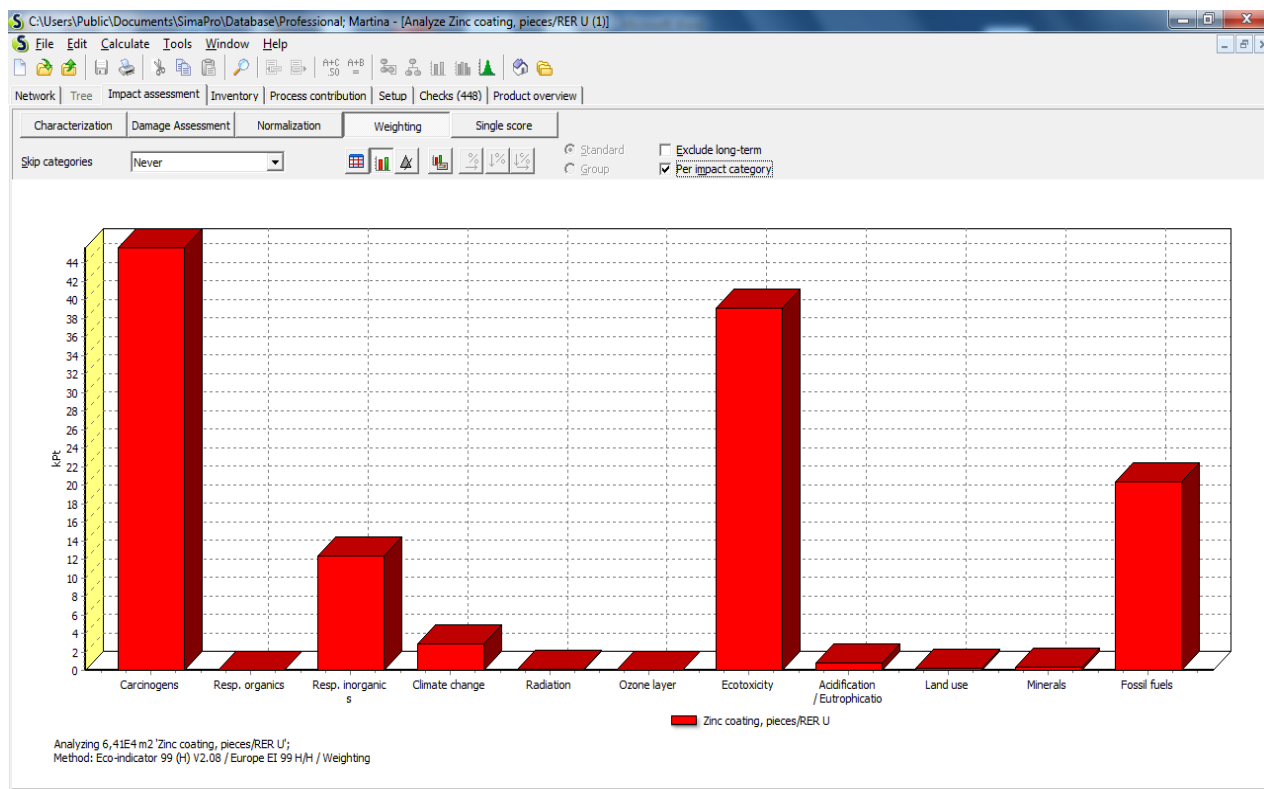
Sel	Impact category	Unit	Zinc coating, pieces/RER U
	Total	Pt	1,22E5
<input checked="" type="checkbox"/>	Carcinogens	Pt	4,56E4
<input checked="" type="checkbox"/>	Resp. organics	Pt	10,3
<input checked="" type="checkbox"/>	Resp. inorganics	Pt	1,24E4
<input checked="" type="checkbox"/>	Climate change	Pt	2,84E3
<input checked="" type="checkbox"/>	Radiation	Pt	58
<input checked="" type="checkbox"/>	Ozone layer	Pt	2,18
<input checked="" type="checkbox"/>	Ecotoxicity	Pt	3,91E4
<input checked="" type="checkbox"/>	Acidification/ Eutrophication	Pt	847
<input checked="" type="checkbox"/>	Land use	Pt	285
<input checked="" type="checkbox"/>	Minerals	Pt	399
<input checked="" type="checkbox"/>	Fossil fuels	Pt	2,04E4

Slika 8.18. Tablični prikaz obuhvaćenih indikatora na utjecajne kategorije izražen u bodovima



Slika 8.19. Rezultati faze klasifikacije za promatrani proces u 3 kategorije utjecaja

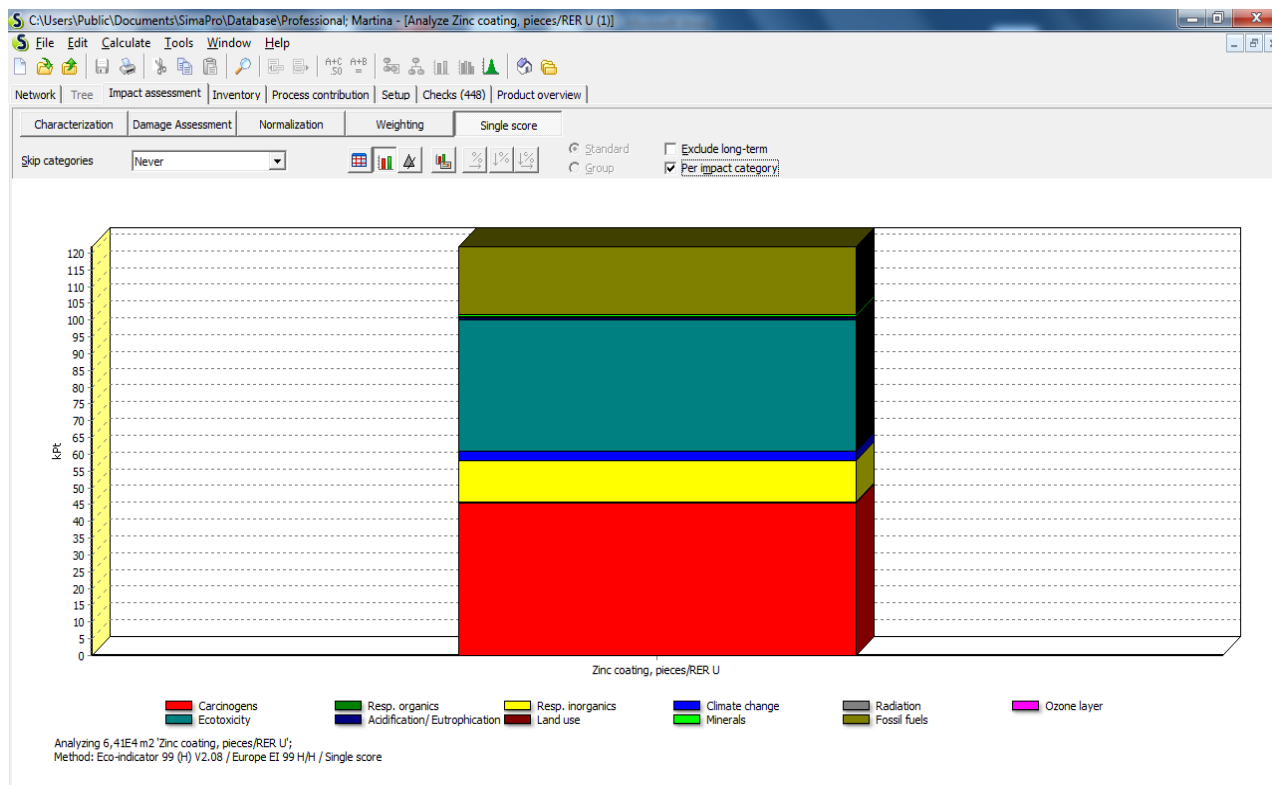
Sa slike 8.19. vidi se da proces ima najveći utjecaj na ljudsko zdravlje ($6,09 \times 10^4 \text{Pt}$), dok se iz slike 8.20. vidi da postoji veliki utjecaj kancerogenosti ($4,56 \times 10^4 \text{Pt}$), a u velikoj količini se nalaze i ekotoksičnost ($3,91 \times 10^4 \text{Pt}$) i fosilna goriva ($2,04 \times 10^4 \text{Pt}$).



Slika 8.20. Rezultati faze klasifikacije za promatrani proces po indikatorima

8.2.5. Ukupni utjecaji na okoliš ("Single score")

Nakon provedenih prethodnih faza prije svega, normiranja i klasifikacije, dobiva se potpuna slika utjecaja procesa vrućeg cínčanja na okoliš s lokalnog nivoa, što je prikazano na slici 8.21.



Slika 8.21. Dijagramski pristup ukupnih utjecaja na okoliš promatranog procesa

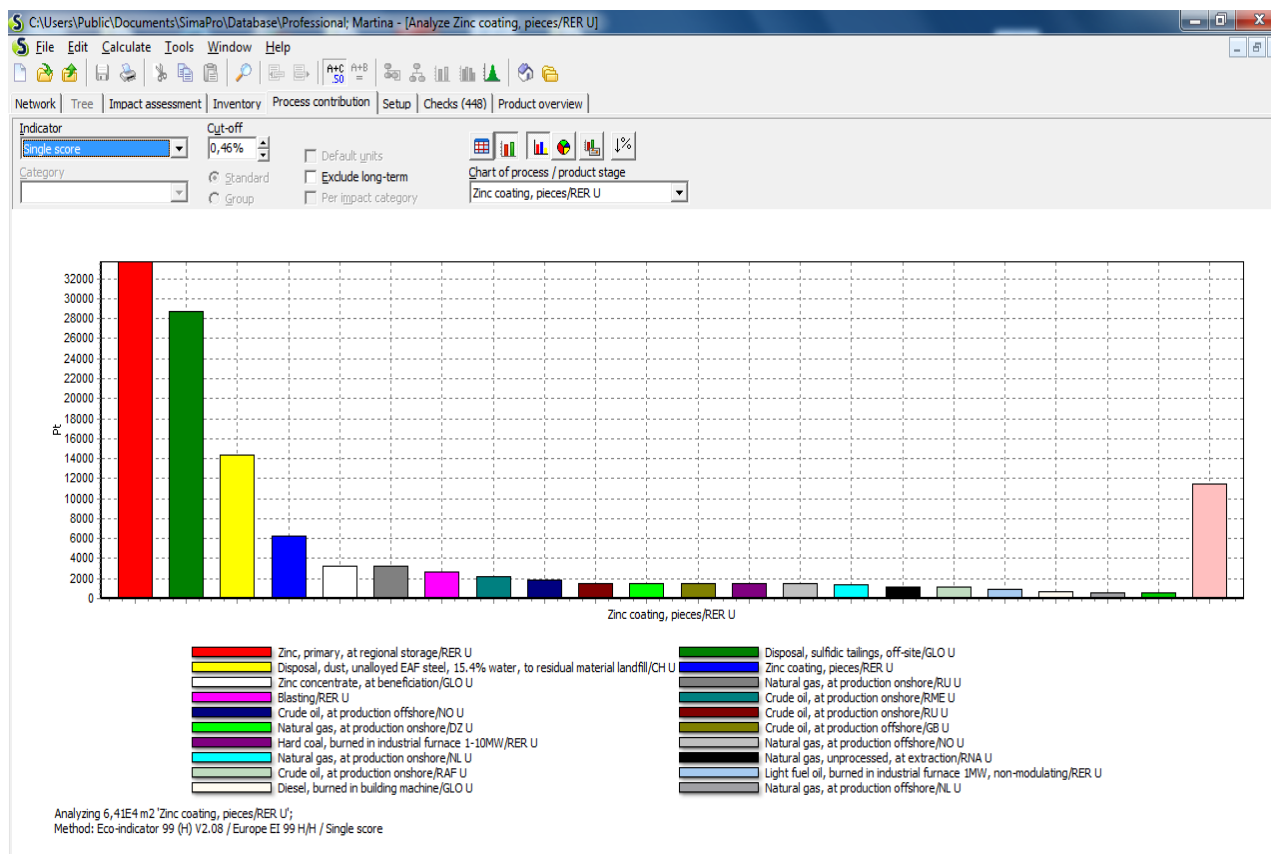
Sa slike 8.21. je vidljivo da su rezultati pojedinih kategorija utjecaja sada zbrojeni, te se dobiva iznos eko-indikatora izražen u bodovima, odnosno u ovom slučaju u kilobodovima. Na slici je vidljivo da je ukupni proces prevlačenja cinka ocjenjen sa $1,22 \times 10^5$ Pt, s najvećim udjelom kancerogenosti, a najmanjim udjelom radijacije, utjecaja na respiratorne organske dijelove, utjecaja na ozonski pokrivač itd.

U tablici na slici 8.22. i dijagramu na slici 8.23. dat je utjecaj pojedinih elemenata tijekom odvijanja procesa vrućeg pocinčavanja.

No	Process	Project	Unit	Zinc coating, pieces/RER U
	Total of all processes		Pt	1,22E5
	Remaining processes		Pt	1,15E4
1	Zinc, primary, at regional storage/RER U	Ecoinvent unit processes	Pt	3,37E4
2	Disposal, sulfidic tailings, off-site/GLO U	Ecoinvent unit processes	Pt	2,87E4
3	Disposal, dust, unalloyed EAF steel, 15.4% water, to residual material landfill	Ecoinvent unit processes	Pt	1,44E4
4	Zinc coating, pieces/RER U	Ecoinvent unit processes	Pt	6,23E3
5	Zinc concentrate, at beneficiation/GLO U	Ecoinvent unit processes	Pt	3,28E3
6	Natural gas, at production onshore/RU U	Ecoinvent unit processes	Pt	3,28E3
7	Blasting/RER U	Ecoinvent unit processes	Pt	2,64E3
8	Crude oil, at production onshore/RME U	Ecoinvent unit processes	Pt	2,22E3
9	Crude oil, at production offshore/NO U	Ecoinvent unit processes	Pt	1,85E3
10	Crude oil, at production onshore/RU U	Ecoinvent unit processes	Pt	1,54E3
11	Natural gas, at production onshore/DZ U	Ecoinvent unit processes	Pt	1,54E3
12	Crude oil, at production offshore/GB U	Ecoinvent unit processes	Pt	1,53E3
13	Hard coal, burned in industrial furnace 1-10MW/RER U	Ecoinvent unit processes	Pt	1,51E3
14	Natural gas, at production offshore/NO U	Ecoinvent unit processes	Pt	1,48E3
15	Natural gas, at production onshore/NL U	Ecoinvent unit processes	Pt	1,43E3
16	Natural gas, unprocessed, at extraction/RNA U	Ecoinvent unit processes	Pt	1,2E3
17	Crude oil, at production onshore/RAF U	Ecoinvent unit processes	Pt	1,15E3
18	Light fuel oil, burned in industrial furnace 1MW, non-modulating/RER U	Ecoinvent unit processes	Pt	889
19	Diesel, burned in building machine/GLO U	Ecoinvent unit processes	Pt	640
20	Natural gas, at production offshore/NL U	Ecoinvent unit processes	Pt	595
21	Disposal, spoil from lignite mining, in surface landfill/GLO U	Ecoinvent unit processes	Pt	572

Slika 8.22. Tablični prikaz utjecajnih elemenata tijekom odvijanja procesa vrućeg pocinčavanja

Vidljivo je da najveći utjecaj na kategorije ima primarni cink u regionalnom skladištu (Zinc, primary, at regional storage/RER U), slijede odlaganje sulfidnih otpadaka (Disposal, sulfidic tailings, off-site/GLO U), zbrinjavanje, prašine, nelegiranog čelika, 15,4% vode, na deponij ostataka materijala (Disposal, dust, unalloyed EAF steel, 15,4% water, to residual material landfill/CH U), bakreni koncentrat za obogaćivanje (copper concentrate, at beneficiation/RLA U) itd.



Slika 8.23. Grafički prikaz utjecajnih elemenata tijekom odvijanja procesa vrućeg pocinčavanja

8.3. Interpretacija

U slučaju ozbiljnije i dublje LCA analize, u okviru ovog poglavlja razmatrale bi se posljedice na okoliš u pojedinim kategorijama utjecaja, ovisno o postavljenim ciljevima i svrsi analize. Takva vrsta interpretacije zahtjevala bi rad i suradnju cijelog niza stručnjaka s različitih područja, kao što su toksikolozi, tehnolozi, ekonomisti, itd..

Rezultati LCA analize mogu ukazati na dijelove životnog ciklusa koji su problematični, bilo u ekološkom, ekonomskom ili u nekom drugom pogledu. Pa je tako moguće značajno utjecati na troškove proizvodnje, ali i ukupnog poslovanja, što je u današnje vrijeme jako bitno. Utjecaji se najčešće odnose na slijedećim područja:

- Troškovi onečišćenja okoliša (naknade za emisije štetnih tvari)
- Troškovi vezani uz potrošnju energije i materijala
- Troškovi sanacije u slučaju ekoloških incidenata
- Troškovi upravljanja otpadom

Isto tako, LCA analiza može poslužiti u planiranju proizvodnje, kao osnova za tehnološku i operativnu pripremu. Na taj način se mogu i kvalitetno predvidjeti troškovi proizvodnje, što je važan strateški čimbenik poslovanja. LCA analiza je primjenjiva i za postupke javnog nadmetanja kod kojih se standardi iz serije ISO 14040 uzimaju u obzir.

Tvrtka Dalekovod, točnije Dalekovod - cinčeonica d.o.o, kao i sve industrijske tvrtke na prostoru RH imaju zakonske obaveze koje moraju ispuniti, i koje se prije svega odnose na zakone vezane za zaštitu okoliša. U vezi za zakonskim obavezama moraju plaćati određene okolišne naknade.

Prema Zakonu o Fondu za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost ("Narodne novine", broj 107/03), okolišne naknade se dijele na četiri kategorije [3]:

1. Naknada onečišćivača okoliša – naknade na emisije ugljikovog dioksida, oksida sumpora i oksida dušika u okoliš. Ove naknade se plaćaju prema količini emisije u tonama, a izračunavaju se prema izrazu:

$$N = N_1 \times E \times k_k$$

u kojem je:

N – iznos naknade na emisiju CO₂, SO₂ ili NO₂ u kunama,

N₁ – naknada za jednu tonu emisije CO₂, SO₂, NO₂

E – količina emisije u tonama u kalendarskoj godini,

k_k – korektivni poticajni koeficijent ovisan o količini i podrijetlu emisije.

2. Naknada korisnika okoliša – naknada za građevine za koje je propisana obveza provođenja postupka procjene utjecaja na okoliš. Iznos naknade korisnika okoliša za pojedinu građevinu izračunava se prema izrazu:

$$N = Zz_1z_2z_3 \times N_1 \times k_k$$

u kojem je:

N – iznos naknade korisnika okoliša u kunama,

Zz₁z₂z₃ – prostorna, tehnička i tehnološka značajka građevine ili građevne cjeline u kojoj je z₁ prostorna, z₂ tehnička, a z₃ tehnološka značajka izražena u odgovarajućoj mjernoj jedinici,

N₁ – naknada za mjernu jedinicu prostorne, tehničke i tehnološke značajke,

k_k – korektivni koeficijent ovisan o stupnju utjecaja građevine ili građevne cjeline na okoliš.

3. Naknade za opterećivanje okoliša otpadom

Naknada na komunalni otpad i/ili neopasni tehnološki otpad izračunava se prema izrazu:

$$N = N_1 \times O$$

u kojem je:

N – iznos naknade na komunalni i/ili neopasni tehnološki otpad u kunama,

N₁ – naknada za jednu tonu odloženoga komunalnog i/ili neopasnoga tehnološkog otpada,

O – količina odloženoga komunalnog i/ili neopasnoga tehnološkog otpada u kalendarskoj godini.

Iznos naknade na opasni otpad izračunava se prema izrazu:

$$N = N_1 \times P \times k_k$$

u kojem je:

N – iznos naknade na opasni otpad u kunama,

N₁ – naknada za jednu tonu proizvedenog a neobrađenog ili neizvezenoga opasnog otpada,

P – količina proizvedenog a neobrađenog ili neizvezenoga opasnog otpada u kalendarskoj godini,

k_k – korektivni koeficijent ovisan o karakteristikama opasnog otpada.

4. Posebne naknade na vozila na motorni pogon – plaćaju se pri registraciji vozila, a izračunavaju se prema izrazu:

$$PN = N_o \times k_k$$

u kojem je:

PN – iznos posebne naknade u kunama,

N_o – osnovna naknada za pojedinu vrstu vozila (u daljnjem tekstu: jedinična naknada),

k_k – korektivni koeficijent ovisan o vrsti motora i pogonskoga goriva, radnom obujmu ili snazi motora i starosti vozila.

Jedan od glavnih ciljeva spomenutih mjera jest dovesti štetne emisije u okvire propisane Zakonom o zaštiti zraka ("Narodne novine", br. 178/2004 i 60/2008).

Tijekom izrade ovog rada mnogo puta je spomenuto kako je LCA analiza nadasve složen i dugotrajan proces. Isto tako istaknute su i brojne prednosti provođenja LCA analize, a koje se uglavnom odnose na okoliš. U većini slučajeva napredak znači i ozbiljna ekonomska ulaganja, s upitnom ekonomskom opravdanosti. To nas dovodi do zaključka, da kvalitetne analize mogu provoditi samo veliki sustavi, prije svega veliki industrijski proizvođači, s obrazovanim stručnim kadrom na području LCA analize.

9. Zaključak

Osnova ovog rada jest prikazati mogućnosti primjene procjene utjecaja životnog ciklusa proizvoda na okoliš (LCA analize). Procjena ciklusa trajnosti proizvoda naziva se još i pristup "od koljevkice do groba". LCA analiza može poslužiti u planiranju proizvodnje, kao osnova za tehnološku i operativnu pripremu. Na taj način se mogu i kvalitetno predvidjeti troškovi proizvodnje, što je važan strateški čimbenik poslovanja. LCA analiza je primjenjiva i za postupke javnog nadmetanja kod kojih se standardi iz serije ISO 14040 uzimaju u obzir. U radu je analiza prikazana prvenstveno s gledišta primjene u području strojarstva, konkretno na primjeru procesa vrućeg cinčanja, a navedene su i druge mogućnosti njene primjene

Na primjeru postupka vrućeg cinčanja dana je analiza štetnih utjecaja na 3 glavne utjecajne kategorije:

- Ljudsko zdravlje,
- Kvalitetu ekosustava,
- Resurse.

U radu su opisane brojne prednosti, ali slabosti LCA metode. Kao jedan od najvećih nedostataka se smatra kompleksnost analize, ali i relativno dugo vrijeme potrebno za njenu provedbu i potreba za ozbiljnim ekonomskim ulaganjima s upitnom ekonomskom opravdanosti. Za provedbu analize u radu korištena je računalna aplikacija "SimaPro", jedan od najprimjenjivijih softvera takve vrste. Ima veliku bazu podataka, primjenjivu na različite sektore: energija, prijevoz, kemikalije, gospodarenje otpadom, poljoprivreda itd.

Zaključno, može se reći kako je LCA analiza odličan alat koji ima široku primjenu u razvoju gospodarstva. Isto tako, primjenjiva je na proizvodnju i opće poslovanje na području RH, pogotovo sada kada je priključena EU i otvaranjem novih tržišta i mogućnosti, ali uz nužna dodatna ulaganja u obrazovanje i upoznavanje stručnog kadra proizvodnih tvrtki s konceptom održivog razvoja.

"Razdoblje nacija je prošlost; ako ne želimo propasti, preostaje nam da odbacimo stare predrasude i posvetimo se izgradnji Zemlje."

Teilhard de Chardin

10. Literatura

[1]	Zoran Nakić	http://rgn.hr/~znakic/Skripta_geologija_okolisa.pdf	Zagreb, 2010.
[2]		http://www.sustainablebabysteps.com/human-impact-on-environment.html	
[3]	I. Glumpak	Utjecaj sustava za upravljanje okolišem na životni ciklus proizvoda	Diplomski rad, FSB, 2009.
[4]	.	http://www.dalekovod.hr/EasyEdit/UserFiles/pdf/profil_tvrtke_HR.pdf	prosinac 2011.
[5]		http://www.dalekovod-proizvodnja.com/tvornica-za-antikorozivnu-zastitu-i-lakirnica.aspx	
[6]		http://www.mzoip.hr/doc/IPPC/Zahtjev_11_11_2010_1.pdf	
[7]		http://dalekovod-tim.hr/pdf/dalekovod-cincaonica-hr.pdf	
[8]	Hrvoje Belov	http://www.cortecvci.com/International/croatia/Diplomski%20rad%20Hrvoje%20Belov.pdf	Diplomski rad, FSB, 2009.
[9]	Tomislav Levanić	http://www.cortecvci.com/International/croatia/Diplomski%20rad%20-%20Tomislav%20Levanic.pdf	Diplomski rad, FSB, 2009.
[10]	I. Juraga, V. Alar, V. Šimunović, I. Stojanović	http://www.pfst.hr/old/data/materijali/skriptaFSB.pdf	
[11]	I. Esih, Z. Dugi	Tehnologija zaštite od korozije II	FSB, Zagreb, 1992.
[12]	I. Esih	Osnove površinske zaštite	FSB, Zagreb, 2003.
[13]	.	Preporuke za vruće pocinčavanje	Dalekovod
[14]		http://www.cincaonahelena.hr/Images/Preporuka%20za%20pravilno%20konstruiranje%20i%20dizajniranje%20proizvoda.pdf	
[15]		http://www.metalcinkara.co.rs/docs/uputstvo.pdf	
[16]		http://ecogreenteam.eu5.org/ecogreen-team-odrzivi-razvoj	

[17]		http://unstats.un.org/unsd/environment/fdes.htm	
[18]		http://www.odraz.hr/media/21831/odrzivi_razvoj.pdf	
[19]		http://www.answers.com/topic/green-production	
[20]	Miro Hegedić	http://www.scribd.com/doc/90616833/Osnove-Menad%C5%BEmentacije-Green-Proizvodnja	FSB, 2012.
[21]		http://www.mzoip.hr/doc/publikacije/Odrziva_potrošnja_i_proizvodnja.pdf	
[22]	prof. I. S. Jawahir	http://mmae.iit.edu/symposium/downloads/pres/Jawahir.pdf	2008.
[23]		http://www.odraz.hr/media/21845/dop.pdf	
[24]		http://www.cro-cpc.hr/cist_proizv.html	
[25]		http://www.ic.gc.ca/eic/site/ee-ee.nsf/eng/h_ef00010.html	
[26]		http://bib.irb.hr/datoteka/576726.procjena_ciklusa_trajnosti_proizvoda_LCA_-_sistemski_alat_u_industrijskoj_ekologiji.PDF	Engineering review, Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2000.godina
[27]		LIFE CYCLE ASSESSMENT: PRINCIPLES AND PRACTICE	Scientific Applications International Corporation (SAIC), Reston, 2006.godina
[28]		http://okolis.grf.unizg.hr/media/download_gallery/dizajn_i_okolis%5B1%5D.pdf	
[29]		http://bk.docsity.com/documents/swf/2012/11/04/Prerada_plastike-Seminarski_rad-Zastita_zivotne_sredine-Hemija_7_.pdf.pdf.swf	
[30]		http://www.iso.org/iso	

[31]		http://www.etfos.unios.hr/upload/OBAVIJESTI/obavijesti_strucni/Ind_ekol_Eko_indikatori_09-01-2010.pdf	
[32]		http://www.pre-sustainability.com/download/manuals/ECO-it_Manual.pdf	
[33]		http://www.earthshift.com/software/simapro	
[34]	Daša Majcen	Sustainability of flat roofs: A LCA based scenario study, http://www.ung.si/~library/diplome/OKOLJE/49Majcen.pdf	UNIVERSITY OF NOVA GORICA SCHOOL OF ENVIRONMENTAL SCIENCES, Nova Gorica, 2009.
[35]		http://www.pre-sustainability.com/download/Introduction-to-LCA-with-SimaPro-oct2013.pdf	
[36]		http://www.life-cycle.org/?page_id=125	
[37]	Dr. sc. Hrvoje Baričević	Tereti u prometu, http://www.pfri.uniri.hr/~hrvoje/files/tup.pdf	
[38]		http://www.pse.pbf.hr/hrvatski/_elementi/zn/spojevi.html	
[39]	Bruno De Benedetti, Gian Luca Baldo, A. Del Carlo and A. Maglioni	Materials Transactions, Vol. 44, No. 7 (2003), Special Issue on Growth of Ecomaterials as a Key to Eco-Society, Environmental Sustainability of Steel Active Corrosion Protection Processes	The Japan Institute of Metals, 2003.
[40]		Rasvjetni i reflektorski stupovi	Dalekovod, 2003.